



TUGAS AKHIR – ME141501

**PENGEMBANGAN *POWER MANAGEMENT SYSTEM*
UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PADA KAPAL
TANKER BERBASIS *SOFTWARE LABVIEW***

Raynaldi Pratama
NRP. 4212 100 060

Dosen Pembimbing
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESES – ME141501

***THE DEVELOPMENT OF POWER MANAGEMENT
SYSTEM FOR ELECTRIC POWER GENERATION IN
TANKER SHIP BASED ON LABVIEW SOFTWARE***

Raynaldi Pratama
NRP. 4212 100 060

Supervisor
Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN *POWER MANAGEMENT SYSTEM* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PADA KAPAL TANKER BERBASIS *SOFTWARE LABVIEW*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S – 1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RAYNALDI PRATAMA
NRP. 4212 100 060

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
2. Juniarko Prananda, S.T., M.T.



(.....)

(.....)

SURABAYA
JANUARI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN *POWER MANAGEMENT SYSTEM* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PADA KAPAL TANKER BERBASIS *SOFTWARE LABVIEW*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*
Program Studi S – 1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RAYNALDI PRATAMA
NRP. 4212 100 060

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.
NIP. 19770802 200801 1 007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENGEMBANGAN *POWER MANAGEMENT SYSTEM* UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK PADA KAPAL TANKER BERBASIS *SOFTWARE LABVIEW*

Nama Mahasiswa : Raynaldi Pratama
NRP. : 4212 100 060
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

Abstrak

Power management system (PMS) untuk pembangkit listrik di kapal, dalam hal ini kapal tanker, merupakan suatu sistem yang memiliki fungsi *controlling* dan *monitoring* terhadap semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan atau *load* yang terpasang. *Total load* yang harus ditanggung oleh generator bergantung pada jumlah dan intensitas pemakaian *load* itu sendiri. Besaran *total load* tersebut dapat diketahui melalui PMS untuk menentukan banyaknya generator yang harus beroperasi. Jenis *load* tersebut dapat dikelompokkan menjadi *essential* dan *non essential load*. Pengelompokan ini berpengaruh pada kinerja generator dimana generator akan menanggung beban puncak sebesar 306.67 kW dengan kondisi seluruh peralatan kelistrikan beroperasi untuk memenuhi kebutuhan bongkar muat kapal tanker. Sedangkan pada kondisi *emergency* dan *cut off non essential load* melalui PMS telah dilakukan, generator hanya akan menanggung beban sebesar 253.88 kW untuk kebutuhan yang sama. Pada kasus paling ekstrim (total efisiensi operasi paralel sebesar 70%) generator masih dapat menanggung beban sebesar 306.6 kW dengan *spare* daya sebesar 52.72 kW.

Kata kunci: *power management, generator, total load, essential load, non essential load.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

THE DEVELOPMENT OF POWER MANAGEMENT SYSTEM FOR ELECTRIC POWER GENERATION IN TANKER SHIP BASED ON LABVIEW SOFTWARE

Name : Raynaldi Pratama
NRP. : 4212 100 060
Department : Marine Engineering
Supervisor : Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

Abstract

Power management system (PMS) for electric power generation in ship, in the case of tanker ship, is the system that has function to control and to monitor all generators in ship as the main electricity supplier for all electric equipments or installed load. The number of total load that supplied by generator depends on the frequency of the use of load itself which would be read in PMS as well. It leads the operator to take a decision on how many generator should be operate whether in parralel or stand alone operation to fulfilling the power needs. Those loads should be grouped into essential and non essential load. This groups affecting the performance of the generators, where it will covers the maximum load at 306.67 kW under the condition of all electric equipments are operated well while the cargo handling of tanker ship is on process. However, in the state of emergency while the non essential electrical equipments are being cut off trough PMS, the generator will only covers the the maximum load at 253.88 kW to fulfilling the same needs. In the extreme case (total efficiency of parralel operation at 70%), the generators would cover the total load at 306.6 kW still by sparing the generate power of 52.72 kW.

Keywords: power management, generator, total load, essential load, non essential load.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT Yang Maha Mulia atas segala rahmat dan hidayah – Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengembangan *Power Management System* untuk Pembangkit Listrik pada Kapal Tanker Berbasis *Software LabVIEW*” dengan baik dalam rangka memenuhi syarat pada Mata Kuliah Tugas Akhir (ME141501) Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

Adapun selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu tidak lupa penulis menyampaikan terima kasih khususnya kepada:

1. Ibu, ayah, adik, beserta keluarga besar tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan materiel yang tiada hentinya.
2. Bapak Dr.Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua dan Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen wali yang terus memotivasi dan memberikan masukan kepada penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc. dan Bapak Juniarko Prananda, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan selama proses penyusunan tugas akhir.
5. Segenap civitas akademika yang telah menyampaikan ilmu dan berbagai pengalaman selama penulis melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
6. Rekan-rekan seperjuangan BISMARCK '12 yang telah mendampingi penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

7. Seluruh member dan grader Laboratorium *Marine Electrical and Automation System* (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir.
8. Seluruh member *ITS Marine Solar Boat Team* yang terus memotivasi penulis untuk dapat memberikan yang terbaik bagi Indonesia.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih belum sempurna, oleh karena itu penulis akan sangat menghargai kritik dan saran yang membangun demi penelitian terkait di waktu mendatang. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan sumbangsih yang bermanfaat bagi semua pihak utamanya pembaca.

Surabaya, Januari 2017

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Sistem Kelistrikan Kapal	5
2.1.1 MSB	7
2.1.2 ESB.....	11
2.1.3 Kabel	12
2.1.4 Kebutuhan Daya.....	14
2.1.5 Generator.....	16
2.2 Power Management System	28
2.2.1 Load.....	29
2.2.2 Blackout Prevention	30
2.3 LabVIEW	31
 BAB III METODOLOGI	33
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah	33
3.2 Studi Literatur.....	33
3.3 Pengumpulan Data.....	33
3.4 Perencanaan Sistem	34

3.5 Simulasi	34
3.6 Kesimpulan	34
3.7 Dokumentasi	34

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN37

4.1 Data Utama Kapal.....	37
4.2 Data Komponen	37
4.2.1 Data Peralatan Kelistrikan pada Kapal Tanker.....	37
4.2.2 Data Main Generator	39
4.3 Perhitungan Teknis	40
4.3.1 Perhitungan Beban Kelistrikan	40
4.3.2 Perhitungan Estimasi Load Generator	41
4.4 Analisis Teknis	46
4.5 Pemodelan dengan <i>Software</i> LabVIEW	51

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN71

5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram distribusi daya listrik	6
Gambar 2.3. <i>Main switch board</i> pada kapal.....	8
Gambar 2.4. <i>Circuit breaker</i>	8
Gambar 2.5. <i>Fuse</i>	9
Gambar 2.6. <i>Over current relay</i>	10
Gambar 2.7. Dead front panel	10
Gambar 2.8. <i>Marine cable</i>	12
Gambar 2.9. Prinsip kerja generator secara sederhana.....	17
Gambar 2.10. Pargen (5)	21
Gambar 2.11. Pargen (2) dengan kondisi reaktansi diabaikan	21
Gambar 2.12. Pargen (2) dengan kondisi resistansi diabaikan....	22
Gambar 2.13. Arus sinkronisasi penuh	23
Gambar 2.14. Arus sinkronisasi tidak penuh.....	23
Gambar 2.15. Operasi paralel generator melayani beban.....	24
Gambar 2.16. Besar daya kelima generator.....	26
Gambar 2.17. Pembagian beban pada pargen (2).....	28
 Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir	 35
 Gambar 4.1. Tampilan awal <i>software</i> LabVIEW	 52
Gambar 4.2. <i>Front panel</i> pada <i>software</i> LabVIEW	52
Gambar 4.3. <i>Block diagram</i> pada <i>software</i> LabVIEW.....	53
Gambar 4.4. Menu utama pada <i>software</i> LabVIEW	54
Gambar 4.5. Beberapa fungsi pada <i>front panel</i>	55
Gambar 4.6. Fungsi <i>numeric</i> pada <i>front panel</i>	56
Gambar 4.7. Fungsi <i>boolean</i> pada <i>front panel</i>	57
Gambar 4.8. Beberapa fungsi pada <i>block diagram</i>	58
Gambar 4.9. Fungsi <i>structures</i> pada <i>block diagram</i>	59
Gambar 4.10. Fungsi <i>numeric</i> pada <i>block diagram</i>	60
Gambar 4.11. Fungsi <i>boolean</i> pada <i>block diagram</i>	61
Gambar 4.12. Fungsi <i>comparison</i> pada <i>block diagram</i>	62
Gambar 4.13. Fungsi <i>numeric</i> pada <i>block diagram</i>	63

Gambar 4.14. Fungsi *scripts & formulas* pada *block diagram*....63

Gambar 4.15. Fungsi *boolean* (beban) pada *front panel*64

Gambar 4.16. Fungsi *boolean* (beban) pada *block diagram*.....65

Gambar 4.17. Kondisi operasi kapal pada *front panel*65

Gambar 4.18. Indikator pada generator66

Gambar 4.19. Indikator mode operasi generator66

Gambar 4.20. Indikator arus dan total load pada generator.....67

Gambar 4.21. *Front panel power management system*68

Gambar 4.22. *Block diagram power management system*.....69

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data peralatan kelistrikan pada kapal tanker.....	37
Tabel 4.2. Estimasi <i>load factor</i> generator	44
Tabel 4.3. Estimasi total <i>load</i> peralatan kelistrikan <i>essential</i>	47
Tabel 4.4. Skenario efisiensi generator terhadap beban tetap	49
Tabel 4.5. Spare daya gen. setelah <i>cut off</i> beban <i>non essential</i> ...	50

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi industri maritim semakin berkembang sesuai dengan kebutuhan pasar. Hal ini menjadi acuan perkembangan teknologi yang diterapkan di kapal. Sistem penunjang kerja di kapal yang canggih sangat diperlukan agar kapal beserta *crew* mampu bekerja lebih efisien. Salah satu langkah alternatif dalam mengefisienkan kerja *crew* adalah dengan menerapkan otomatisasi pada sistem penunjang kerja di kapal. Penerapan otomatisasi dapat memperingan beban pekerjaan yang harus dilakukan oleh *crew*. Otomatisasi dapat diterapkan pada semua sistem penunjang kerja di kapal, salah satunya sistem kelistrikan.

Sistem kelistrikan dikategorikan menjadi sistem penunjang kerja utama karena sebagian besar peralatan-peralatan yang digunakan memerlukan daya kelistrikan untuk dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya. Secara umum peralatan-peralatan tersebut dikendalikan melalui pusat kendali atau *control panel* yang terletak di *engine control room*. Selain fungsi *controlling*, *control panel* juga memiliki fungsi *monitoring* terhadap peralatan-peralatan penunjang kerja di kapal.

Sistem operasional *control panel* di kapal cenderung dikerjakan secara manual oleh *crew* di *engine control room*. Pekerjaan ini memerlukan pengawasan khusus terlebih pada sistem kelistrikan, contohnya ketika terjadi lonjakan arus pada salah satu beban maka total beban pada proses pembangkitan daya listrik juga akan meningkat. Kelebihan beban dapat menyebabkan kondisi *blackout* dan untuk *restarting* generator dibutuhkan biaya operasional yang lebih. Sehingga pada saat beban meningkat, *crew* yang mengawasi

harus segera mengambil tindakan untuk memutus beberapa beban terpasang. Proses pemutusan beban dilakukan berdasarkan prioritas yang disediakan oleh komputer. Proses ini diterapkan secara otomatis melalui *power management system* (PMS).

PMS untuk pembangkit listrik di kapal merupakan suatu sistem yang mengontrol dan memonitor semua generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan di kapal. Peralatan kelistrikan dalam sistem kelistrikan kapal, dapat disebut sebagai *load* dan melalui PMS, *load* yang beroperasi dapat dikelompokkan atau diprioritaskan dalam rangka penyesuaian terhadap kemampuan generator. Pada kondisi tertentu *load* tersebut harus dapat diputus seketika bila diperlukan agar generator tidak mengalami *trip*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengelompokkan *load* atau peralatan kelistrikan yang beroperasi berdasarkan daya keluaran generator sesuai dengan kondisi operasi kapal tanker.
2. Pengembangan seperti apa yang dapat diterapkan pada PMS untuk pembangkit listrik pada kapal tanker.
3. Tindakan seperti apa yang perlu dilakukan ketika terjadi penambahan atau pengurangan *load* pada generator melalui simulasi pengoperasian PMS.

1.3 Batasan Masalah

Dalam rangka memfokuskan ruang lingkup, permasalahan akan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Data yang digunakan berdasarkan hasil pengerjaan Tugas Desain IV: Sistem Permesinan dan Kelistrikan Kapal.

2. Analisis yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir hanya dibatasi untuk analisis teknis.
3. Simulasi sistem kelistrikan pada LabVIEW dibuat hanya untuk besaran *load* dan daya yang disediakan generator utama pada kapal tanker.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan *load* atau peralatan kelistrikan yang beroperasi berdasarkan daya keluaran generator sesuai dengan kondisi operasi kapal tanker.
2. Melakukan pengembangan pada PMS untuk pembangkit listrik pada kapal tanker.
3. Simulasi pengoperasian PMS untuk beberapa kondisi berdasarkan skenario kerja yang telah ditentukan.

1.5 Manfaat Penulisan

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan, adapun manfaat penulisan antara lain:

1. Mendapatkan gambaran umum tentang perancangan, pengembangan yang dapat diterapkan, serta perencanaan SOP pengoperasian PMS untuk pembangkit listrik pada kapal tanker.
2. Menerapkan otomatisasi pada sistem pembangkit listrik di kapal tanker melalui PMS sebagai langkah alternatif dalam mengefisienkan kerja *crew*.
3. Mengoptimalkan daya yang dihasilkan generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan di kapal tanker melalui PMS.

1.6 Sistematika Penulisan

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas mengenai latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan dari tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas teori-teori yang berhubungan dengan penulisan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI

Bab ini akan membahas metodologi yang digunakan dalam mengerjakan tugas akhir.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas tentang analisis data dan simulasi PMS menggunakan LabVIEW.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran.

Daftar Pustaka

Lampiran

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kelistrikan Kapal

Salah satu sistem penunjang kerja utama di kapal, dalam hal ini kapal tanker, adalah sistem kelistrikan yang secara umum terdiri dari sumber daya, sistem distribusi, dan peralatan kelistrikan. Daya listrik yang tersedia digunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, sistem alarm dan *monitoring*, pengaturan udara dan sistem refrigerasi, motor pompa dan permesinan dek hingga sistem propulsi. Dalam rangka menjaga seluruh operasi di kapal agar tetap aman dan sesuai fungsinya, maka daya listrik yang disediakan generator harus memadai. Generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan yang terpasang harus mampu bekerja secara kontinyu.

Peralatan kelistrikan di kapal secara umum dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian yaitu, penerangan, sistem navigasi – komunikasi, dan peralatan kelistrikan penunjang sistem kerja di kapal. Dalam sistem kelistrikan kapal peralatan-peralatan tersebut dapat disebut sebagai *load*, dimana *load* tersebut yang harus dipenuhi oleh generator agar dapat beroperasi sesuai fungsi.

Load pada sistem kelistrikan kapal utamanya disuplai oleh generator utama, namun pada kondisi tertentu seperti *blackout*, beban akan disuplai oleh *emergency* generator atau baterai yang diletakkan di ruangan *Emergency Source of Electrical Power* (ESEP). Daya listrik yang dihasilkan oleh generator utama akan dipusatkan ke *main switch board* (MSB) sedangkan daya listrik yang dihasilkan *emergency* generator akan dipusatkan di *emergency swicth board* (ESB) sebelum didistribusikan ke peralatan kelistrikan. Pada saat

Beban Daya

Karakteristik beban pada kelompok ini bertegangan 220/380 Volt 3 fasa dengan frekuensi 50 Hz. Sebagian besar peralatan berupa motor pompa, permesinan dek (*crane*, jangkar, *winch*, dsb.), dan peralatan pengaturan udara dan refrigerasi.

Beban Navigasi dan Komunikasi

Karakteristik beban pada kelompok ini memiliki tegangan 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz untuk peralatan navigasi dan tegangan 24/36 Volt DC untuk instrumen-instrumen terpasang yang di suplai sumber tegangan yang sudah disearahkan melalui rectifier dan di-*backup* oleh baterai melalui UPS.

2.1.1 MSB

Main switch board (MSB), Gambar 2.2., adalah peralatan listrik yang disusun sedemikian rupa didalam suatu *control board* yang berfungsi untuk menghubungkan generator sebagai penyuplai daya dengan beban. Suatu MSB harus dilengkapi dengan peralatan pengaman yang berfungsi untuk mengisolasi atau memutus semua hubungan apabila terjadi kesalahan pada sistem kelistrikan kapal. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga keselamatan *crew* dan efisiensi kerja peralatan listrik lain yang sedang beroperasi.



Gambar 2.2. *Main switch board* pada kapal
(Sumber: www.marineengineeringonline.com)

Berdasarkan literatur yang ditulis oleh Mohit (2011), beberapa peralatan pengaman yang harus ada pada MSB, yaitu:

Circuit Breaker

Circuit breaker, Gambar 2.3., adalah peralatan *auto shut down* yang aktif pada saat *overloading* atau hubungan arus pendek pada sirkuit MSB.



Gambar 2.3. *Circuit breaker*
(Sumber: www.westmarine.com)

Fuse

Fuse, Gambar 2.4., digunakan sebagai pengaman jika terjadi hubungan arus pendek pada sirkuit MSB. Jika arus listrik yang melalui sirkuit melebihi batas aman, maka material dari *fuse* akan meleleh dan mengisolasi MSB dari kesalahan sistem.



Gambar 2.4. *Fuse*
(Sumber: www.westmarine.com)

Over Current Relay

Over current relay (OCR), Gambar 2.5., digunakan untuk mengamankan panel dan MSB dari arus berlebih. Alat ini menyerupai kontroler yang beroperasi dengan daya rendah. OCR akan aktif bekerja setelah *delay time* tertentu, umumnya sampai beban penuh.



Gambar 2.5. *Over current relay*
(Sumber: www.marineinsight.com)

Dead Front Panel

Dead front panel, Gambar 2.6., merupakan peralatan pengaman lain yang terpasang pada masing-masing panel MSB yang tidak dapat dibuka hingga daya pada panel tersebut dimatikan.



Gambar 2.6. *Dead front panel*
(Sumber: www.activerain.com)

Dalam literatur yang ditulis oleh Arya (2012) *switch board* dibagi menjadi dua tipe, yaitu:

Tipe Dead Front

Switch board tipe ini dapat digunakan baik untuk tegangan AC maupun DC, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk tegangan AC ketentuan yang perlu diperhatikan adalah nilai tegangan antar fasa dan tegangan fasa netral harus lebih besar dari 550 Volt.
2. Untuk tegangan DC ketentuan yang perlu diperhatikan adalah nilai tegangan antar kutub dan tegangan kutub dengan ground harus lebih besar dari 250 Volt.

Pada tipe ini semua bagian terletak di dalam *switch board*, sehingga keamanannya menjadi lebih baik, oleh karena itu tipe ini banyak digunakan pada kapal-kapal dengan suplai daya yang besar.

Tipe Live Front

Pada tipe ini, peletakan *fuses*, *circuit breaker*, dan peralatan lainnya berada di permukaan *switch board*. Hal ini memberikan kemudahan dalam pembongkaran, baik itu pada saat pemeliharaan atau pergantian *fuses*, namun kurang memenuhi persyaratan keamanan. *Switch board* tipe ini banyak ditemukan pada kapal-kapal dengan suplai daya yang kecil.

2.1.2 ESB

Emergency switch board (ESB) merupakan peralatan listrik yang disusun pada suatu *control board* dan berfungsi untuk menghubungkan *emergency*

generator sebagai penyuplai daya darurat terhadap beban berupa lampu penerangan darurat serta sistem navigasi dan komunikasi. Tegangan yang diatur dalam *emergency switch board* yang melalui panel distribusi sebesar 24 Volt DC, 120 Volt AC, atau 450 Volt AC (Arya, 2012).

2.1.3 Kabel

Kondisi lingkungan di kapal akan sangat berbeda dengan lingkungan di darat. Hal ini dikarenakan ruangan-ruangan yang ada di kapal dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, kelembaban udara di dalam maupun di luar kapal, beban mekanis yang diterima, dan lain sebagainya. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi komponen yang terpasang pada sistem instalasi listrik, salah satunya kabel. Kabel berfungsi sebagai penghantar arus listrik, oleh karena itu peraturan tentang kabel listrik di kapal lebih ketat dibandingkan di darat. Salah satu contoh kabel yang digunakan di kapal seperti ditunjukkan Gambar 2.7.



Gambar 2.7. *Marine cable*
(Sumber: www.hiseacable.com)

Berdasarkan literatur yang ditulis Arya (2012), pemilihan suatu kabel sangat bergantung pada kajian teknis dan ekonomis yang sesuai dengan persyaratan-persyaratan pelayanan seperti, kekuatan mekanis, ketahanan, dan fleksibilitas material kabel. Secara praktis, berikut adalah pertimbangan-pertimbangan yang diajukan dalam perencanaan instalasi listrik:

1. Tersedianya jenis sumber listrik dan rencana penataan.
2. Temperatur maksimum dan minimum udara sekeliling yang memungkinkan pada semua bagian instalasi listrik.
3. Kemungkinan adanya uap air atau kondisi yang menyebabkan korosi.
4. Kemungkinan adanya debu, uap, dan gas yang mudah terbakar atau meledak.
5. Derajat pengamanan mekanis yang diperlukan.
6. Kemungkinan perlunya sumber yang siap dipakai untuk tujuan umum maupun khusus.
7. Kemungkinan perlunya perubahan dan pemasangan kabel kembali selama kapal beroperasi.
8. Biaya operasi dan pemeliharaan yang diperlukan terkait dengan sistem instalasi listrik.
9. Biaya relatif yang diperlukan terkait dengan desain dan umur dari sistem instalasi listrik.

Peraturan IEEE menetapkan bahwa semua kabel harus cukup besar bagi arus yang melaluinya untuk tujuan keamanan. Pemilihan kabel yang tepat untuk setiap instalasi tergantung pada aspek-aspek dasar, antara lain:

1. persyaratan lingkungan dan karakteristik proteksi,
2. kapasitas pengaliran arus listrik, dan

3. penurunan tegangan.

Arus yang mengalir pada sebuah penghantar akan menghasilkan kalor. Pertambahan kalor sebanding dengan tahanan kabel yang bergantung pada luas penampang kabel tersebut. Panas yang berlebih dapat merusak isolasi, hal ini akan mengurangi tingkat keamanan dari kabel tersebut. Contoh kondisi yang terjadi akibat isolasi yang rusak adalah hubungan arus pendek, sehingga ukuran penghantar harus sesuai untuk mencegah terjadinya hal ini (Arya, 2012).

2.1.4 Kebutuhan Daya

Secara garis besar perancangan merupakan langkah awal dalam kegiatan produksi kapal. Perancangan yang baik tentu akan mempengaruhi kinerja dari hasil produksi. Salah satu obyek dalam sebuah perancangan di kapal adalah perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator.

Perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator sangat berkaitan dengan besar atau jumlah daya yang ada di kapal. Jumlah daya tersebut dapat dihitung melalui penggunaan lampu-lampu untuk penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, serta peralatan kelistrikan lainnya. Menurut Dionysius (2014), uraian kebutuhan daya listrik yang ada di kapal secara garis besar adalah sebagai berikut:

Penerangan

Kebutuhan daya listrik untuk penerangan harus disertakan dalam penancangan instalasi listrik dan penyediaan generator. Berikut adalah parameter-parameter yang digunakan dalam proses perhitungan:

1. ruangan-ruangan yang direncanakan untuk diberi penerangan maupun catu daya peralatan-peralatan yang ada,
2. dimensi dari ruangan tersebut, dan
3. jenis *armature* yang akan dipasang.

Perhitungan daya untuk tiap-tiap ruangan juga akan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. waktu operasi beban-beban terpasang,
2. jenis operasi dari beban-beban terpasang, baik itu *intermittent* atau *continuous*, dan
3. jumlah titik *armature* dalam ruangan-ruangan yang ada di kapal.

Sehingga dalam perhitungan akan dihitung kebutuhan daya listrik untuk penerangan maupun catu daya peralatan-peralatan listrik di tiap *deck* kapal mulai dari *main deck*, *poop deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck*, *engine room*, dan *engine room platform*.

Navigasi dan Komunikasi

Peralatan navigasi dan komunikasi juga termasuk dalam beban yang harus disertakan dalam perancangan instalasi listrik dan penyediaan generator. Hal ini diperlukan mengingat peralatan-peralatan tersebut membutuhkan suplai daya listrik agar dapat berfungsi dengan baik selama kapal beroperasi. Peralatan-peralatan tersebut antara lain:

1. pemancar radio,
2. *gyrocompass*,
3. *echosounder*,
4. radar,
5. *general alarm*,

6. motor untuk sirine,
7. motor untuk *horn*, serta
8. lampu navigasi.

Peralatan Kelistrikan Lainnya

Selain kebutuhan daya listrik untuk penerangan, navigasi dan komunikasi, perlu diperhitungkan pula kebutuhan daya listrik untuk peralatan kelistrikan lainnya yang menunjang kerja di kapal, yaitu:

1. pompa-pompa dan kompresor yang digunakan untuk melayani *engine* selama beroperasi,
2. pompa-pompa *general service*, seperti *oily bilge pump*, *ballast pump*, dan *fire pump*,
3. peralatan-peralatan pengaturan udara dan sistem refrigerasi, seperti *supply fan*, *exhaust fan*, dan *central air conditioning system*, serta
4. permesinan geladak, seperti *steering gear*, *crane*, *windlass*, *winch*, *cargo pump*, dan lain sebagainya.

2.1.5 Generator

Salah satu bagian terpenting dalam sistem pembangkitan daya adalah generator. Generator merupakan mesin listrik yang berfungsi mentransmisikan daya mekanik menjadi daya listrik. Daya mekanik yang ditransmisikan dapat berupa daya dari mesin diesel, turbin uap, turbin gas, turbin air, baling-baling angin, dan lain sebagainya. Generator di kapal umumnya menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama.

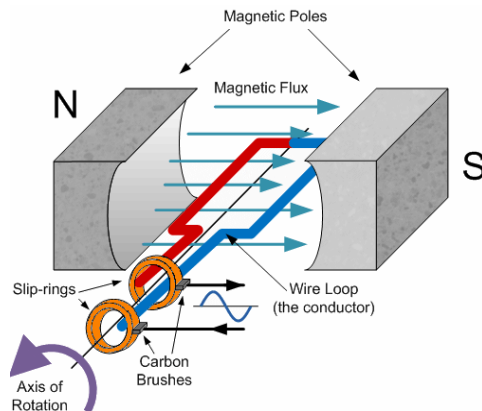
Generator menjadi pembahasan utama dalam sistem pembangkitan daya, karena kelangsungan sistem akan lebih banyak bergantung pada kinerja generator. Pada saat generator mengalami *trouble* dari

dalam generator itu sendiri maupun dari luar, seperti sistem yang dihubungkan maupun penggerakannya maka dapat dipastikan sistem pembangkitan daya akan terganggu. Berikut adalah pembahasan secara umum mengenai generator:

Prinsip Kerja Generator

Generator merupakan mesin listrik yang mentransmisikan daya mekanik menjadi daya listrik dengan landasan Hukum Faraday. Jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya berlawanan terhadap perubahan medan tersebut (Firmansyah, 2011). Faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya GGL, yaitu:

1. Daya mekanik yang berasal dari penggerak utama.
2. Arus medan berupa arus DC yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet di kumparan medan.



Gambar 2.8. Prinsip kerja generator secara sederhana
(Sumber: www.electronics-tutorials.ws)

Prinsip kerja generator secara sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.8. Berikut adalah penjelasan untuk proses pembangkitan daya listrik pada generator, dimana:

I_f = arus medan

N; S = kutub generator

ϕ = fluks medan

Menurut Firmansyah (2011), pada saat poros generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran poros didapat dari daya mekanik penggerak utamanya, kemudian pada kumparan medan rotor diberikan arus medan sebesar I_f , maka garis-garis fluks yang dihasilkan melalui kutub-kutub inti akan menghasilkan tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar:

$$E_a = C.n.\phi$$

dimana,

E_a = tegangan induksi pada kumparan jangkar stator

C = konstanta

n = kecepatan putar

ϕ = fluks yang dihasilkan oleh arus medan

Pengaturan Putaran

Putaran merupakan salah satu faktor penting yang memberi pengaruh terhadap tegangan yang dibangkitkan oleh generator. Kecepatan putar akan sebanding dengan frekuensi yang dihasilkan generator. Dalam hal ini rotor sebagai bagian yang bergerak terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan arus searah sebagai sumbernya. Medan magnet pada rotor akan bergerak sesuai dengan arah putar penggerak

utamanya. Untuk menjaga putaran agar tetap konstan maka penggerak utama generator perlu dilengkapi governor. Governor adalah alat yang berfungsi mengatur putaran agar tetap konstan pada keadaan yang bervariasi. Besar kecepatan putar generator dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$n = \frac{120 f}{p}$$

dimana,

n = kecepatan putar generator

f = frekuensi

p = jumlah kutub

Pengaturan Tegangan

Tegangan yang dihasilkan generator berbeban dengan generator tanpa tentu akan berbeda. Tegangan yang dihasilkan generator berbeban relatif lebih kecil dibandingkan generator berbeban. Selisih antara tegangan berbeban penuh dengan tanpa beban disebut nilai relatif atau *voltage regulation* (VR). Nilai VR dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$VR \left(\frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \right) = \% 100$$

dimana,

VR = voltage regulation

V_{NL} = no load voltage

V_{FL} = full load voltage

Selama generator beroperasi, tentunya generator akan mengalami *drop voltage* yang diakibatkan variasi

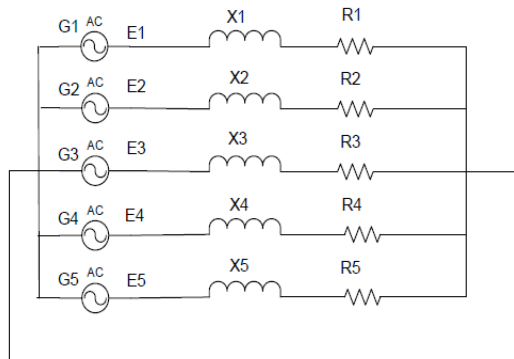
arus jangkar maupun beban-beban terpasang. *Drop voltage* pada generator dapat diatasi dengan mengatur arus medan atau arus eksitasi yang masuk ke generator. Pengaturan arus eksitasi akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan generator. Ketika arus eksitasi dinaikkan maka tegangan yang dihasilkan generator juga akan naik, begitu juga sebaliknya.

Operasi Paralel Generator

Operasi paralel pusat-pusat tenaga listrik pada dasarnya merupakan perluasan kerja paralel satu generator dengan generator lainnya dengan tambahan resistansi dan reaktansi saluran-saluran interkoneksi yang biasa disebut sinkronisasi (Firmansyah, 2011). Beberapa syarat yang perlu diperhatikan sebelum melakukan operasi paralel generator, yaitu:

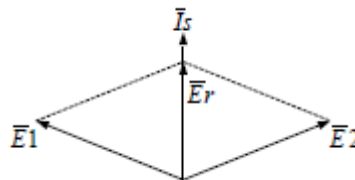
1. Tegangan apitan dari generator yang akan diparalelkan harus sama dengan tegangan jaringan.
2. Frekuensi generator harus sama dengan frekuensi jaringan.
3. Sudut fasa dari fasa-fasa yang dihubungkan satu sama lain harus sama.
4. Urutan fasa generator-generator yang akan diparalelkan harus sama dengan jaringan.

Dalam operasi paralel generator, sinkronisasi dilakukan agar generator yang diparalelkan dapat menghasilkan daya sejumlah total daya generator. Dimisalkan terdapat lima generator, G1, G2, G3, G4, dan G5 bekerja secara paralel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. sebagai berikut:

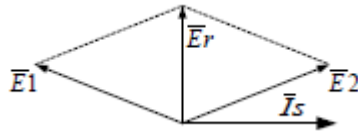


Gambar 2.9. Pargen (5)
(Sumber: Firmansyah, 2011)

Berdasarkan Gambar 2.9. pada rangkaian operasi paralel, masing-masing generator memiliki impedansi, Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , dan Z_5 yang terdiri dari resistansi, R_1, R_2, R_3, R_4 , dan R_5 dan X_1, X_2, X_3, X_4 , dan X_5 . Sedangkan gaya gerak listrik (GGL) yang diinduksikan pada masing-masing generator adalah E_1, E_2, E_3, E_4 , dan E_5 . Penjelasan operasi paralel generator secara sederhana dari dua generator yang beroperasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10. dan Gambar 2.11.



Gambar 2.10. Pargen (2) dengan kondisi reaktansi diabaikan
(Sumber: Firmansyah, 2011)



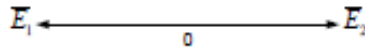
Gambar 2.11. Pargen (2) dengan kondisi resistansi diabaikan
(Sumber: Firmansyah, 2011)

Pada kondisi tertentu reaktansi kedua mesin diabaikan. Dalam keadaan demikian, kondisi kedua GGL E_1 dan E_2 memiliki selisih fasa 180° dan resultan GGL E_r hampir tegak lurus terhadap E_1 dan E_2 , dimana besar arus sinkronisasi dinyatakan dengan persamaan:

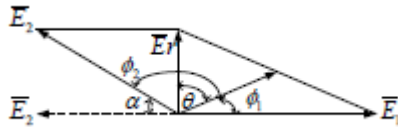
$$I_s = \frac{E_r}{(Z_1 + Z_2)}$$

Dimisalkan kedua mesin memiliki nilai reaktansi mendekati nol. Arus sinkronisasi I_s akan tegak lurus terhadap resultan GGL E_r atau sefasa dengan GGL salah satu mesin, misalkan E_2 . Dalam hal ini mesin 2 akan memberi daya nyata kepada mesin 1 agar dapat bekerja. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa reaktansi sangat diperlukan untuk operasi paralel generator.

Pada saat dua generator berada dalam keadaan sinkronisasi penuh, maka kedua GGL yang diinduksikan adalah sama dan berbeda fasa 180° , Gambar 2.12., dan tidak terdapat arus mengalir dalam rangkaian. Jika nilai kedua GGL sama besar namun berbeda fasa tidak tepat 180° maka resultan GGL E_r bergerak di dalam rangkaian dan mengakibatkan mengalirnya arus sinkronisasi seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.12. Arus sinkronisasi penuh
(Sumber: Firmansyah, 2011)



Gambar 2.13. Arus sinkronisasi tidak penuh
(Sumber: Firmansyah, 2011)

Misalkan beda fasa antara kedua GGL sebesar α dan $E_1 = E_2 = E$, maka resultan GGL E_r adalah:

$$\begin{aligned}
 E_r &= 2 E \cos \left(\frac{180^\circ - \alpha}{2} \right) \\
 &= 2 E \cos \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) \\
 &= 2 E \left(\frac{\alpha}{2} \right) \\
 &= \alpha E
 \end{aligned}$$

Pendekatan di atas berlaku jika sudut α memiliki nilai yang kecil sekali. Besar arus sinkronisasi I_s adalah:

$$\begin{aligned}
 I_s &= \frac{E_r}{Z} \\
 &= \frac{\alpha E}{Z}
 \end{aligned}$$

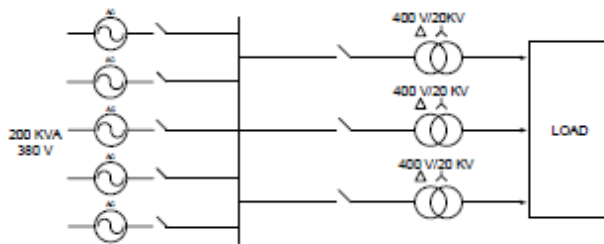
Dengan catatan bahwa I_s tertinggal fasa sebesar θ :

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{X_s}{R} \right)$$

Dimana Z merupakan impedansi gabungan per fasa dari kedua generator. Bila reaktansi generator diketahui, maka arus sinkronisasinya:

$$I_s = \frac{E}{Z_s}$$

dan tertinggal fasa sebesar 90° dengan resultan GGL E_r .



Gambar 2.14. Operasi paralel generator melayani beban

(Sumber: Firmansyah, 2011)

Adapun prosedur sinkronisasi generator-generator yang bekerja paralel sebagai berikut:

1. Menjalankan motor penggerak generator, kemudian nilai tahanan R diperkecil sampai diperoleh tegangan V dan frekuensi Hz yang dikehendaki.
2. Bilan tegangan V dan frekuensi Hz generator sama dengan tegangan dan frekuensi jala-jala

(jaringan) maka yang harus diperhitungkan lagi adalah mengatur tegangan generator agar sefasa dengan tegangan jaringan.

3. Untuk membuat tegangan generator sefasa dengan tegangan jaringan maka putaran generator harus diubah sampai mendapatkan beda fasa yang sama.
4. Bila lampu indikator sinkronisasi mati, generator telah berhasil diparalelkan dengan jaringan.

Pembagian Beban pada Operasi Paralel Generator

Beban dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu beban reaktif (VAR) dan beban aktif (Watt). Jumlah vektor kedua beban tersebut merupakan beban kompleks/ semu (kVA) yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = P + jQ$$

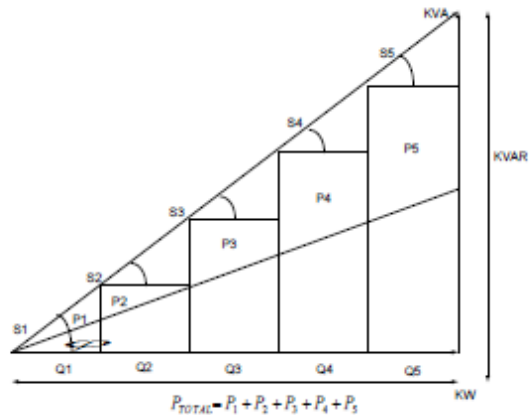
dimana,

S = daya kompleks (VA atau kVA)

P = daya aktif (Watt atau kW)

Q = daya reaktif (VAR atau kVAR)

Diumpamakan jika terdapat lima generator, G1, G2, G3, G4, dan G5 yang beroperasi secara paralel, maka besar daya kelima generator, Gambar 2.15., sebagai berikut:



Gambar 2.15. Besar daya kelima generator
(Sumber: Firmansyah, 2011)

dimana,

- P = daya aktif yang dipikul G1, G2, G3, G4, dan G5
- Q = daya reaktif G1, G2, G3, G4, dan G5
- S = daya kompleks G1, G2, G3, G4, dan G5
- ϕ = sudut daya G1, G2, G3, G4, dan G5

dalam hal ini,

1. $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5$,
2. $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5$, sehingga
3. $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 = S_5$ yang artinya daya generator sama.

Jika diambil sampel dua generator yang beroperasi paralel dengan karakteristik kecepatan dan beban yang sama dengan suatu tegangan apitan bersama sebesar V dan beban impedansi sebesar Z. GGL G1 dan G2 sebesar E1 dan E2 serta impedansi fasa masing-masing adalah Z1 dan Z2 seperti yang

ditunjukkan Gambar 2.16. Maka tegangan apitan generator 1 adalah:

$$V = E1 - I1.Z1$$

dan tegangan apitan generator 2 adalah:

$$V = E2 - I2.Z2$$

juga berlaku:

$$\begin{aligned} V &= I.Z \\ &= (I1 + I2) Z \end{aligned}$$

sehingga diperoleh:

$$I1 = \frac{E1 - V}{Z1}$$

$$I2 = \frac{E2 - V}{Z2}$$

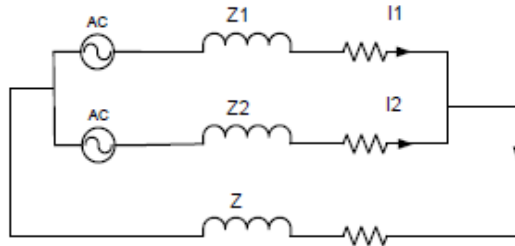
kemudian diperoleh:

$$I1 + I2 = \frac{E1 - V}{Z1} + \frac{E2 - V}{Z2}$$

$$V \left(\frac{1}{Z1} + \frac{1}{Z2} + \frac{1}{Z3} \right) = \frac{E1}{Z1} + \frac{E2}{Z2}$$

atau:

$$V = \frac{\frac{E1}{Z1} + \frac{E2}{Z2}}{\frac{1}{Z1} + \frac{1}{Z2} + \frac{1}{Z3}}$$



Gambar 2.16. Pembagian beban pada pargen (2)
(Sumber: Firmansyah, 2011)

2.2 Power Management System

Power management system (PMS) merupakan bagian penting dari perangkat sistem kontrol di kapal yang dapat beroperasi bersama-sama antar PMS maupun independen atau sendiri. PMS dibuat dengan beragam fungsi, seperti fungsi kontrol, monitor, dan proteksi bagi generator sebagai sumber daya utama peralatan kelistrikan di kapal.

Peralatan yang tersedia dalam PMS sendiri terdiri dari, perangkat *hardware* PMS, generator, *switchboards*, dan perangkat otomatisasi. Melalui PMS, generator dikontrol dan dimonitor selama beroperasi sebagai penyedia utama daya kelistrikan hingga daya yang dihasilkan dialirkan ke peralatan kelistrikan yang terpasang. Tahap pengaliran daya dimulai dari generator sebagai penyuplai utama, *switchboards*, dan terakhir sampai pada peralatan kelistrikan. Total daya yang mengalir dikontrol dan dimonitor dengan satu atau beberapa sistem kontrol.

Berdasarkan referensi yang ditulis Dionysius (2014), saat ini PMS telah berkembang pesat menyesuaikan dengan kebutuhan otomatisasi dalam starting dan operasi paralel generator atau lebih tepatnya proses sinkronisasi. Sebelumnya, PMS hanya dapat melakukan kontrol dan monitor terhadap generator untuk optimalisasi daya yang dialirkan. Sedangkan PMS yang sudah dikembangkan dapat memungkinkan untuk melakukan pencegahan dari *blackout* untuk keselamatan operasi kapal dan konsumsi bahan bakar dari motor penggerak generator (diesel generator).

Pada pembahasan lebih lanjut, PMS memiliki dua fungsi dasar yaitu pengontrolan daya yang dihasilkan generator dan *restoration* sistem kelistrikan ketika kapal mengalami *blackout*. Fungsi dasar pengontrolan daya yang dihasilkan generator sendiri dibagi menjadi kontrol generator, kontrol daya yang tersedia, dan pengamanan terhadap generator dan peralatan kelistrikan. Sedangkan fungsi *restoration* setelah kapal mengalami *blackout* adalah *restarting* generator agar dapat menyuplai beban kelistrikan kembali.

2.2.1 Load

Load dikategorikan sebagai peralatan kelistrikan terpasang yang harus dicover oleh generator sebagai sumber daya kelistrikan utama di kapal. Kondisi beban di kapal yang hampir selalu beroperasi perlu dimonitor agar tidak terjadi overload atau kelebihan beban yang berakibat generator mengalami *trip*. Disinilah letak fungsi PMS sebagai perangkat kontrol dan monitor terhadap beban.

Karakteristik pembebanan suatu peralatan kelistrikan dapat ditentukan berdasarkan frekuensi kerja sesuai perhitungan *load factor* dari peralatan itu sendiri. Semakin tinggi frekuensi kerja suatu peralatan kelistrikan maka semakin tinggi pula *load factornya*.

Nilai *load factor* suatu peralatan kelistrikan berkisar antara 0 s/d 1. Semakin jarang peralatan tersebut beroperasi maka nilai *load factornya* semakin mendekati 0. Sedangkan peralatan yang sifatnya beroperasi secara kontinyu, biasa disebut *coninuous load*, nilai *load factornya* semakin mendekati 1.

2.2.2 Blackout Prevention

Blackout merupakan suatu kondisi dimana tidak beroperasinya suatu sumber daya kelistrikan yang biasanya disebabkan karena *short circuit* dan *overload* atau kesalahan dalam pembagian beban. *Short circuit* dapat diproteksi dengan penggunaan *circuit breakers* dan alat proteksi lainnya. Pemilihan alat proteksi yang tepat dapat meminimalisir terjadinya *short circuit*.

Sedangkan *overload* dapat diproteksi melalui pemutusan beban-beban terpasang yang dapat dilakukan secara otomatis melalui PMS. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Radan (2008), beberapa penyebab terjadinya *overload*:

1. *Circuit breaker* pada generator yang bermasalah tidak terhubung atau *disconnected*.
2. Generator set menanggung beban berlebih dengan jangka waktu yang lama.
3. Kesalahan pada motor penggerak generator.
4. Kesalahan pada fungsi PMS sebagai sistem proteksi.

Sehingga berdasarkan pernyataan di atas dapat disimpulkan, pemilihan alat proteksi yang tepat pada jaringan kelistrikan dan pengurangan beban atau melakukan *cut off* pada peralatan kelistrikan yang tidak diprioritaskan selama beroperasi dapat mencegah terjadinya *blackout* pada kapal.

2.3 LabVIEW

Berdasarkan referensi yang ditulis Firmansyah (2011), LabVIEW merupakan *software* yang dikembangkan untuk pengukuran dibidang perindustrian, eksperimen, pendidikan, dan aplikasi otomatisasi berbasis pemrograman secara gambar atau diagram. LabVIEW difungsikan untuk melakukan analisis numerik, desain, dan menggambarkan hasil data. LabVIEW memiliki beberapa *toolkit* dan modul untuk analisa dan desain kontrol, pengolahan sinyal, identifikasi sistem, formula, simulasi dan lain sebagainya. Pengerjaan tugas akhir ini sendiri menggunakan LabVIEW versi 2013.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi penelitian bertujuan untuk membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diteliti dimana berisi tentang langkah-langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah analisis dan simulasi, dimana akan dilakukan simulasi *Power Management System* menggunakan LabVIEW 2013 berdasarkan analisis data yang telah dilakukan. Secara garis besar penyelesaian tugas akhir yang berjudul “Pengembangan Power Management System Berbasis *Software* LabVIEW pada Kapal Tanker” dibagi menjadi beberapa tahap seperti yang ditunjukkan Gambar 3.1., dengan penjelasan sebagai berikut:

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap kebutuhan listrik di kapal sesuai dengan kondisi operasi. Adapun identifikasi yang dilakukan terkait dengan peralatan-peralatan listrik beserta generator sebagai sumber utama daya kelistrikan yang digunakan di kapal. Sedangkan masalah yang dianalisa adalah bagaimana pengaruh penerapan dan pengembangan PMS dalam sistem kelistrikan kapal.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini dilakukan *review* terhadap referensi yang memiliki keterkaitan dengan sistem kelistrikan kapal maupun PMS. Beberapa referensi yang digunakan berupa buku, jurnal, tugas akhir, thesis, publikasi ilmiah, dan internet.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengidentifikasi data yang didapat dari tugas perancangan sistem permesinan

dan kelistrikan kapal serta data tambahan dari literatur yang digunakan sebagai referensi.

3.4 Perencanaan Sistem

Pada tahap perencanaan sistem dilakukan dengan melakukan analisis data melalui perhitungan dengan beberapa formula dan membuat diagram blok secara umum dari PMS yang sedang direncanakan. Perencanaan disesuaikan dengan data tugas perancangan sistem permesinan dan kelistrikan kapal.

3.5 Simulasi

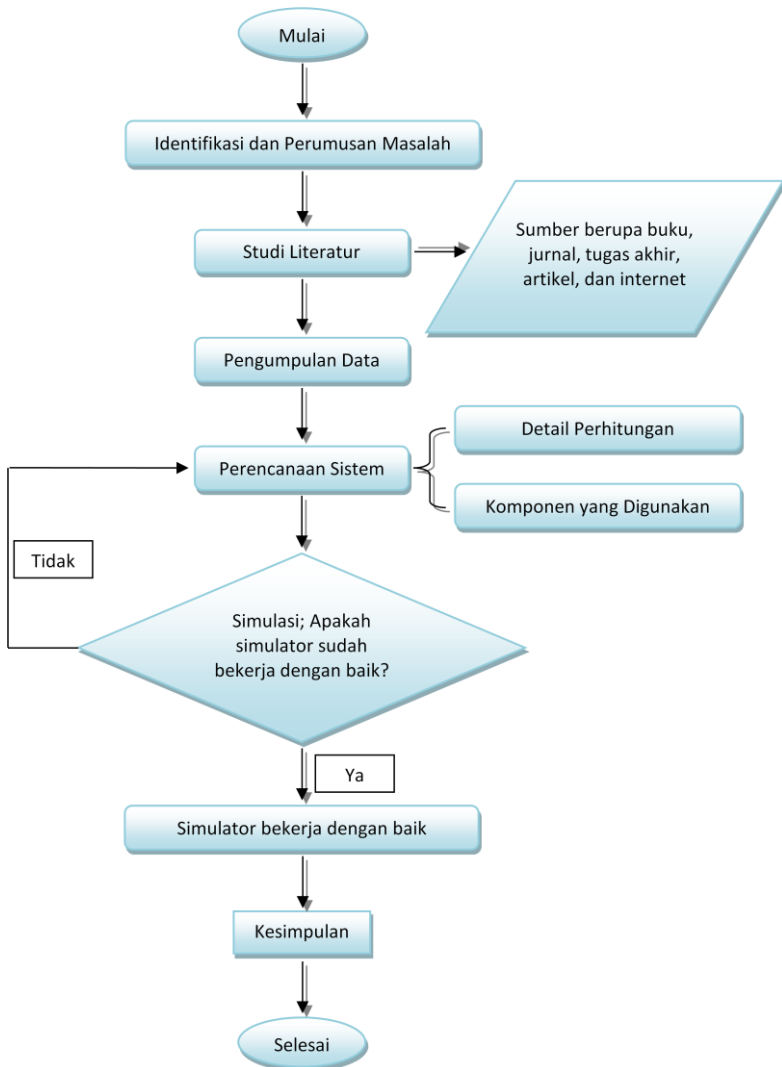
Pada tahap ini simulasi dari sistem yang sudah direncanakan berdasarkan analisis data dibantu dengan LabVIEW 2013. Simulasi perlu dilakukan beberapa kali untuk menentukan hasil yang sesuai dengan fungsi dasar PMS dengan simulator yang mudah dioperasikan oleh user.

3.6 Kesimpulan

Setelah dilakukan perencanaan sistem dan simulasi dengan *software* maka akan didapatkan hasil yang diharapkan memenuhi tujuan pengerjaan tugas akhir. Melalui penarikan kesimpulan juga akan didapat saran-saran yang perlu dilakukan untuk mengembangkan penelitian ke tahap lebih lanjut.

3.7 Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dalam bentuk penyusunan laporan tugas akhir sesuai format penulisan ilmiah yang telah ditentukan.



Gambar 3.1. *Flowchart* pengerjaan tugas akhir

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Utama Kapal

Berikut adalah data utama kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir:

Tipe kapal	= Product oil carrier
Nama kapal	= MV. Pratiwi
Tipe muatan	= Diesel oil
Lpp	= 84.03 m
Lwl	= 86.55 m
B	= 16.20 m
H	= 7.50 m
T	= 5.873 m
Cb	= 0.744
Rute pelayaran	= Balongan – Surabaya
Radius pelayaran	= 184.2 nm
Endurance	= 6 hari
Kecepatan dinas	= 11 knots
Cargo tank cap.	= 4961.74 m ³

4.2 Data Komponen

Berikut adalah data komponen-komponen yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir:

4.2.1 Data Peralatan Kelistrikan pada Kapal Tanker

Data peralatan kelistrikan pada kapal tanker dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1. Data peralatan kelistrikan pada kapal tanker

No.	Peralatan	Σ (Unit)	Daya (kW)
MACHINERY PART			
A. ENGINE SERVICE			
1	HFO – MDO Transfer Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	2.20

No.	Peralatan	Σ (Unit)	Daya (kW)
2	Separator + Feed Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	12.00
3	Fuel Feed Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	2.31
4	HFO Circulating Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	9.10
5	MDO Circulating Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	7.50
6	Thermal Oil Boiler Circ. Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	11.20
7	LO Transfer Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	2.20
8	LO Separator (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	5.50
9	LO Separator Feed Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	0.75
10	Separator Preheater (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	12.00
11	LO Pp. (Stand by) (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.70
12	Pre LO Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	11.00
13	Air Compressor (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	1.70
14	SW Cooling Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	15.00
15	Stand by Circulating Pp. HT (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	18.50
16	Stand by Circulating Pp. LT (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	8.50
17	Circulating Pp. for Preheater (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	5.50
18	Circulating Pp. for Evaporator (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.20
19	Drain Tank Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.20
B. GENERAL SERVICE			
1	Bilge Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	7.50
2	Oily Water Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.00
3	Oily Water Separator (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.50
4	Fire Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	30.00
5	Ballast Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	5.00
6	Ballast – Bilge Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	5.00
7	Hydrophore FW (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.20
8	Hydrophore SW (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	2.20
9	Sewage Treatment Plant (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	1.50
HULL PART			
1	Cargo Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	75
2	Stripping Pp. (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	4.00
3	Crane for Tanker (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	30.00
4	Crane for Provision (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	6.00
5	Fan for E/R (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	44.76
6	Accommodation Ladder Winch (220 V; 1 Ph; 50 Hz)	2	2.20
7	Steering Gear (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	1	5.50
8	Anchor Mooring Winch (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	40.00
9	Capstan (380 V; Δ; 3 Ph; 50 Hz)	2	18.00

No.	Peralatan	Σ (Unit)	Daya (kW)
ELECTRICAL PART			
A. LIGHTING AND STOP CONTACT			
1	Main Deck	1	7.46
2	Poop Deck	1	4.31
3	Boat Deck	1	6.18
4	Bridge Deck	1	6.50
5	Navigation Deck	1	1.70
6	Platform and Engine Room	1	1.57
7	Starboard Light	1	0.025
8	Portside Light	1	0.025
9	Masthead Light	2	0.025
10	Stern White	1	0.025
11	Stern Yellow	1	0.025
12	Anchor White	1	0.025
13	All Round Red	1	0.025
14	All Round Green	1	0.025
B. NAVIGATION, COMMUNICATION & SAFETY			
1	MF/HF Radio (24 VDC)	1	0.025
2	VHF Radio (24 VDC)	1	0.125
3	Radar (13.8 VDC)	1	4.80
4	NAVTEX (24 VDC)	1	0.01
5	AIS (220 VAC; 50 Hz)	1	0.168
6	Horn (70 VAC; 50 Hz)	1	0.022
7	Magnetic Compass (12 VDC)	1	0.184
8	ECDIS (24 VDC)	1	0.108
9	Telephone Internal (100 VAC/24 VDC; 50 Hz)	4	0.075
10	Echo Sounder (230 VAC/24 VDC; 50 Hz)	1	0.053
11	Gyro Compass (230 VAC, 50 Hz)	1	0.189
12	EPIRB	2	0.005
13	Speed Log	1	0.10
14	Smoke Detector	25	0.0072
15	Heat Detector	1	0.0072

4.2.2 Data Main Generator

Merk = Cummins
 Tipe = C220 D5e
 Power = 146 kWe

Frekuensi = 50 Hz
RPM = 1500 RPM

Keterangan: detail spesifikasi teknis *main generator* dapat dilihat di bagian lampiran 1.

4.3 Perhitungan Teknis

Perhitungan dilakukan untuk memeriksa ulang apakah kapasitas generator yang digunakan kapal telah memenuhi syarat dan ketentuan yang berlaku. Beberapa hal yang harus diperhatikan terkait perhitungan kapasitas generator adalah macam-macam kondisi operasi kapal, *load factor* tiap peralatan kelistrikan yang digunakan, dan *diversity factor* (Firmansyah, 2011).

Berdasarkan perencanaan, kondisi operasi kapal yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah pada kondisi berlayar, *manoeuvring*, bongkar muat, dan berlabuh. Macam-macam kondisi operasi kapal akan mempengaruhi *load factor* dan *diversity factor*, dimana *load factor* itu sendiri merupakan perbandingan antara daya rata-rata dengan kebutuhan daya untuk kondisi operasi maksimal. Sedangkan *diversity factor* merupakan perbandingan antara total daya keseluruhan peralatan kelistrikan dengan total daya yang dibutuhkan tiap satuan waktu.

4.3.1 Perhitungan Beban Kelistrikan

Melalui data peralatan kelistrikan yang digunakan kapal maka dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan generator sebagai sumber daya kelistrikan utama. Perlu diperhatikan bahwa setiap peralatan kelistrikan memiliki nilai *continuous load* (CL) dan *intermittent load* (IL) bergantung dari jumlah dan frekuensi kerja peralatan tersebut. Besarnya daya rata-rata yang akan disuplai generator ke peralatan

kelistrikan tiap kondisi operasi akan bergantung pada daya input dan besarnya *load factor* peralatan tersebut. Nilai CL dan IL dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$CL = LF \times n \times \text{real}, \text{ atau}$$

$$IL = LF \times n \times \text{real}$$

dimana,

CL = *continuous load*

IL = *intermittent load*

LF = *load factor*

n = jumlah item yang bekerja

real = daya input/masukan peralatan kelistrikan

contoh perhitungan,

LF = 0.8

n = 1

real = 2.32 kW

CL = $0.8 \times 1 \times 2.32$
= 1.85 kW

Keterangan: contoh perhitungan untuk komponen HFO – MDO Transfer Pump.

Detail hasil perhitungan nilai CL dan IL setiap peralatan kelistrikan yang digunakan pada beberapa kondisi operasi kapal dapat dilihat di bagian Lampiran 2.

4.3.2 Perhitungan Estimasi Load Generator

Perhitungan ini bertujuan untuk mengestimasi *load factor* generator disetiap kondisi operasi kapal, dimana *load factor* generator disarankan tidak kurang dari 60% dan tidak lebih dari 86% (Firmansyah, 2011).

Adapun rentang nilai tersebut lebih dikarenakan untuk mencari tingkat efisiensi operasi generator sehingga daya yang terpakai akan sesuai dengan kebutuhan beban. Berikut adalah beberapa rumusan yang digunakan untuk mengestimasi nilai *load factor* generator:

$$e = 0.7 \times d$$

dimana,

e = faktor diversitas

d = *intermittent load*

contoh perhitungan,

$$d = 38.00 \text{ kW}$$

$$e = 0.7 \times 38.00$$

$$= 26.60 \text{ kW}$$

Keterangan: contoh perhitungan diambil dari Tabel 4.2. Kolom 3 No. 4.

Faktor diversitas merupakan perbandingan antara total daya peralatan kelistrikan yang digunakan dengan total daya yang dibutuhkan tiap satuan waktu.

$$f = e + CL$$

dimana,

f = *total load*

e = faktor diversitas

CL = *continuous load (total)*

contoh perhitungan,

$$e = 26.60 \text{ kW}$$

$$CL = 202.13 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} f &= 26.60 + 202.13 \\ &= 228.73 \text{ kW} \end{aligned}$$

Keterangan: contoh perhitungan diambil dari Tabel 4.2. Kolom 3 No. 6.

Nilai *total load* didapatkan berdasarkan nilai CL dan IL peralatan kelistrikan pada tiap kondisi operasi. Nilai *total load* dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan besarnya prosentase *load factor* generator. Nilai *load factor* generator dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$LF = \frac{f}{Q} \times 100\%$$

dimana,

LF = *load factor* generator

f = *total load*

Q = kapasitas total daya gen. yang beroperasi

contoh perhitungan,

$$f = 228.73 \text{ kW}$$

$$Q = 292 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} LF &= (228.73/292) \times 100\% \\ &= 0.783 \end{aligned}$$

Keterangan: contoh perhitungan diambil dari Tabel 4.2. Kolom 3 No. 10.

Hasil perhitungan estimasi *load factor* generator berdasarkan penggunaan peralatan kelistrikan pada beberapa kondisi operasi kapal dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Estimasi *load factor* generator

No.	Item	S *)	M *)	CH *)	P *)
1	MACHINERY PART				
	Cont. Load (kW)	127.5	125.6	38.8	38.8
	Interm. Load (kW)	37.86	35.76	27.87	27.87
2	HULL PART				
	Cont. Load (kW)	45.84	44.68	202.2	91.94
	Interm. Load (kW)	0.00	0.00	31.71	31.71
3	ELECTRICAL PART				
	Cont. Load (kW)	28.79	28.79	23.89	23.54
	Interm. Load (kW)	0.097	0.097	0.097	0.097
4	TOTAL POWER				
	Cont. Load (kW)	202.13	199.07	264.89	154.28
	Interm. Load (kW)	38.00	35.86	59.68	59.68
5	Faktor Div. (0.7 d)	26.60	25.10	41.78	41.78
6	Total Load (kW)	228.73	224.17	306.67	196.06
7	Σ Generator	2	2	3	2
8	Capacity (kW)	146	146	146	146
9	Avail. Power (kW)	292	292	438	292
10	Load Factor (LF)	0.783	0.768	0.70	0.671
11	Shore Conn. (kW)			352.67	

*) Keterangan:

S = kondisi berlayar
M = kondisi *manoeuvring*
CH = kondisi bongkar muat
P = kondisi berlabuh

dimana,

Kondisi Berlayar

$$\begin{aligned}
 CL &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\
 &= 127.5 + 45.84 + 28.79 \\
 &= 202.2 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IL &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\
 &= 37.86 + 19.37 + 0.097 \\
 &= 38.00 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kondisi Manoeuvring

$$\begin{aligned}
 \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\
 &= 125.6 + 44.68 + 28.79 \\
 &= 199.07 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\
 &= 35.76 + 0.00 + 0.097 \\
 &= 35.86 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kondisi Bongkar Muat

$$\begin{aligned}
 \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\
 &= 38.8 + 202.2 + 23.89 \\
 &= 264.89 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\
 &= 27.87 + 31.71 + 0.097 \\
 &= 59.68 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Kondisi Berlabuh

$$\begin{aligned}
 \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\
 &= 38.8 + 91.94 + 23.54 \\
 &= 154.28 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\
 &= 27.87 + 31.71 + 0.097 \\
 &= 59.68 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Shore Connection

$$\begin{aligned}
 \text{P} &= 100\% \text{ total load CH} + 15\% \text{ total load CH} \\
 &= 1.15 \times \text{total load CH} \\
 &= 1.15 \times 306.67 \\
 &= 352.67 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Melalui perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa beban puncak generator terjadi pada saat kapal pada kondisi bongkar muat sebesar 306.67 kW.

4.4 Analisis Teknis

Berdasarkan hasil perhitungan estimasi *load factor* generator yang ditunjukkan Tabel 4.2., dapat diamati bahwa kebutuhan daya terbesar terjadi pada saat bongkar muat. Kondisi ini dijadikan acuan dalam menentukan beban puncak yang harus ditanggung oleh generator. Sehingga untuk mengantisipasi terjadi kegagalan sistem karena beban berlebih atau penurunan kinerja generator, perlu dilakukan penggolongan peralatan kelistrikan yang dirasa harus tetap menyala selama kapal beroperasi.

Penggolongan peralatan kelistrikan ini dilakukan dengan menentukan peralatan yang *essential* dan *non essential*. Adapun pengertian dari peralatan yang *essential* adalah semua peralatan kelistrikan dasar yang dianggap harus tetap menyala untuk menunjang kinerja kapal selama beroperasi. Mengacu pada penelitian yang dilakukan Dionysius (2014), macam-macam peralatan kelistrikan yang *essential* dibagi menjadi:

1. peralatan penunjang *engine service*,
2. peralatan ventilasi – AC,
3. peralatan penerangan, dan
4. peralatan navigasi & komunikasi.

Hasil penggolongan peralatan kelistrikan berdasarkan peralatan yang *essential* dan *non essential* dapat dilihat pada bagian Lampiran 2. Adapun total *load* dari peralatan kelistrikan yang *essential* dapat dilihat pada tabel 4.3., diluar perhitungan di bawah, dikategorikan menjadi peralatan *non essential* atau peralatan yang dapat di *cut off* sewaktu-waktu bila diperlukan pada kondisi darurat.

Tabel 4.3. Estimasi total *load* peralatan kelistrikan *essential*

No.	Item	S *)	M *)	CH *)	P *)
1	MACHINERY PART				
	Cont. Load (kW)	118.23	116.33	27.27	27.27
	Interm. Load (kW)	9.05	9.05	1.16	1.16
2	HULL PART				
	Cont. Load (kW)	45.84	44.68	202.2	40.00
	Interm. Load (kW)	0.00	0.00	0.00	0.00
3	ELECTRICAL PART				
	Cont. Load (kW)	28.43	28.43	23.53	23.53
	Interm. Load (kW)	0.10	0.10	0.10	0.10
4	TOTAL POWER				
	Cont. Load (kW)	192.5	189.44	253.0	90.80
	Interm. Load (kW)	9.15	9.15	1.26	1.26
5	Faktor Div. (0.7 d)	6.41	6.41	0.88	0.88
6	Total Load (kW)	198.91	195.85	253.88	91.68
7	Σ Generator	2	2	2	1
8	Capacity (kW)	146	146	146	146
9	Avail. Power (kW)	292	292	292	146
10	Load Factor (LF)	0.681	0.671	0.869	0.628
11	Shore Conn. (kW)			291.96	

*) Keterangan:

S = kondisi berlayar

M = kondisi *manoeuvring*

CH = kondisi bongkar muat

P = kondisi berlabuh

dimana,

Kondisi Berlayar

$$\begin{aligned}
 \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\
 &= 118.23 + 45.84 + 28.43 \\
 &= 192.5 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\
 &= 9.05 + 0.00 + 0.10
 \end{aligned}$$

$$= 9.15 \text{ kW}$$

Kondisi Manoeuvring

$$\begin{aligned} \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\ &= 116.33 + 44.68 + 28.43 \\ &= 189.44 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\ &= 9.05 + 0.00 + 0.10 \\ &= 9.15 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kondisi Bongkar Muat

$$\begin{aligned} \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\ &= 27.27 + 202.2 + 23.53 \\ &= 253.0 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\ &= 1.16 + 0.00 + 0.10 \\ &= 1.26 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kondisi Berlabuh

$$\begin{aligned} \text{CL} &= \text{Mach. (CL)} + \text{Hull (CL)} + \text{Elect. (CL)} \\ &= 27.27 + 40.0 + 23.53 \\ &= 90.80 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IL} &= \text{Mach. (IL)} + \text{Hull (IL)} + \text{Elect. (IL)} \\ &= 1.16 + 0.00 + 0.10 \\ &= 1.26 \text{ kW} \end{aligned}$$

Shore Connection

$$\begin{aligned} P &= 100\% \text{ total load CH} + 15\% \text{ total load CH} \\ &= 1.15 \times \text{total load CH} \\ &= 1.15 \times 253.88 \\ &= 291.96 \text{ kW} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang ditunjukkan Tabel 4.2. dan 4.3. terkait dengan *load* atau beban yang harus ditanggung oleh generator pada beberapa kondisi operasi kapal maka perlu dilakukan perhitungan *spare* daya generator untuk menentukan batas bawah daya yang dihasilkan generator agar dapat menanggung beban yang beroperasi.

Penentuan batas bawah daya yang dihasilkan generator merupakan hal penting yang perlu diperhatikan, mengingat tidak selamanya generator bekerja secara ideal. Hal ini berkaitan dengan efisiensi generator yang akan selalu menurun berbanding lurus dengan *life time* generator itu sendiri. Penurunan efisiensi generator akan mempengaruhi jumlah beban yang dapat ditanggung generator. Pada Tabel 4.4. dapat dilihat skenario efisiensi generator terhadap beban tetap yang ada di kapal sehubungan dengan penentuan batas bawah daya yang dihasilkan generator:

Tabel 4.4. Skenario efisiensi generator terhadap beban tetap

No.	Item	S *)	M *)	CH *)	P *)
1	Total Load (kW)	228.73	224.17	306.67	196.06
2	Σ Generator	2	2	3	2
3	Capacity (kW)	146	146	146	146
4	Avail. Power (kW)	292	292	438	292
6	Avail. Power				
	Eff. 100% (kW)	292	292	438	292
	Spare Daya (kW)	63.27	67.83	131.33	95.94
7	Avail. Power				
	Eff. 90% (kW)	262.80	262.80	394.20	262.80
	Spare Daya (kW)	34.07	38.63	87.53	66.74
8	Avail. Power				
	Eff. 80% (kW)	233.6	233.6	315.36	233.6
	Spare Daya (kW)	4.87	9.43	8.69	37.54
9	Avail. Power				
	Eff. 70% (kW)	204.4	204.4	306.6	204.4
	Spare Daya (kW)	-24.33	-19.77	-0.07	8.34
10	Avail. Power				
	Eff. 60% (kW)	175.2	175.2	262.8	175.2
	Spare Daya (kW)	-53.53	-48.97	-43.87	-20.86

*) Keterangan:

S = kondisi berlayar

M = kondisi *manoeuvring*
 CH = kondisi bongkar muat
 P = kondisi berlabuh

Melalui skenario efisiensi generator di atas dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan generator akan dapat menanggung beban total pada saat efisiensi generator minimal 80% dengan kata lain batas bawah daya yang harus dihasilkan generator sebesar 80% dari daya pada spesifikasi. Ketika generator beroperasi pada efisiensi dibawah 80% maka akan terjadi lonjakan beban sehingga dapat dipastikan generator *trip* dan sistem akan mengalami *black out*. Pencegahan kondisi ini dilakukan dengan menerapkan *power management system* (PMS). Pilihan yang dapat dilakukan melalui PMS ketika daya yang dihasilkan generator kurang dari 80% daya spesifikasi, salah satunya akibat penurunan efisiensi, adalah dengan melakukan *cut off* beban yang *non essential* atau dengan cara melakukan operasi paralel generator. Dengan demikian kapal akan tetap dapat beroperasi meskipun daya yang disuplai terbatas. Adapun spare daya yang dihasilkan dari *cut off* beban dapat diamati pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Spare daya gen. setelah *cut off* beban *non essential*

No.	Item	S *)	M *)	CH *)	P *)
1	Total Load (kW)	198.91	195.85	253.88	91.68
2	Σ Generator	2	2	3	2
3	Capacity (kW)	146	146	146	146
4	Avail. Power (kW)	292	292	438	292
6	Avail. Eff. 80% (kW)	233.6	233.6	315.36	233.6
	Power Spare Daya (kW)	34.69	37.75	61.48	141.92
7	Avail. Eff. 70% (kW)	204.4	204.4	306.6	204.4
	Power Spare Daya (kW)	5.49	8.55	52.72	112.72
8	Avail. Eff. 60% (kW)	175.2	175.2	262.8	175.2
	Power Spare Daya (kW)	-23.71	-20.65	8.92	83.52

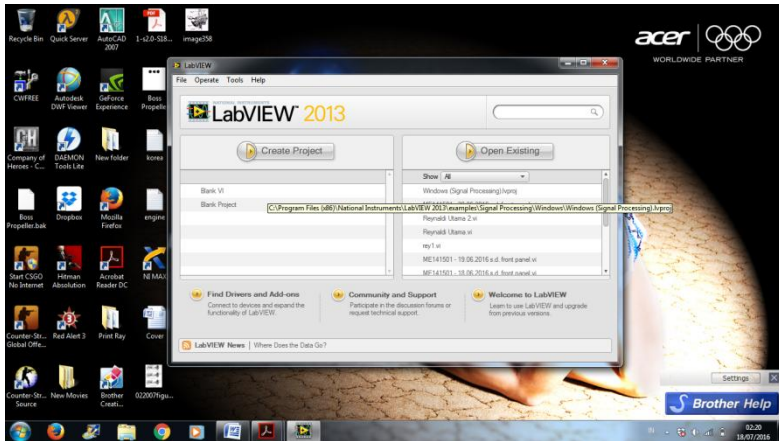
*) Keterangan:

S	= kondisi berlayar
M	= kondisi <i>manoeuvring</i>
CH	= kondisi bongkar muat
P	= kondisi berlabuh

Melalui Tabel 4.5., diketahui bahwa dengan melakukan *cut off* pada beban yang *non essential* melalui PMS dapat berdampak pada naiknya spare daya yang dihasilkan generator sehingga sistem akan terhindar dari *black out*.

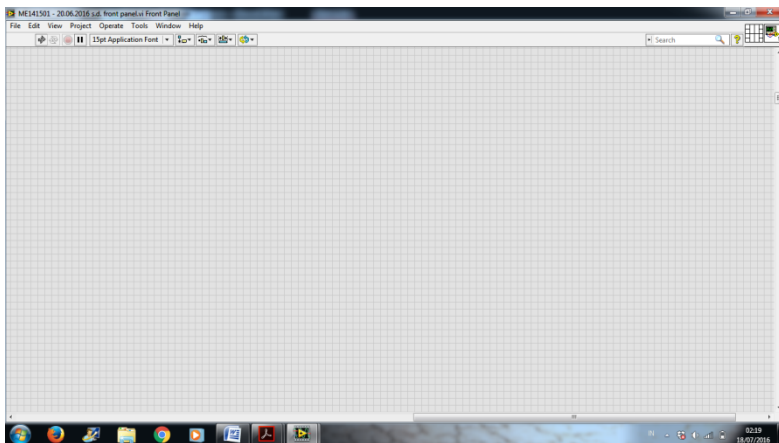
4.5 Pemodelan dengan *Software LabVIEW*

LabVIEW, Gambar 4.1., merupakan perangkat lunak yang dikembangkan untuk pengukuran dibidang perindustrian, eksperimen, pendidikan, dan aplikasi otomatisasi berbasis pemrograman secara gambar atau diagram. LabVIEW difungsikan untuk melakukan analisis numerik, desain, dan menggambarkan hasil data. LabVIEW memiliki beberapa *toolkit* dan modul untuk analisa dan desain kontrol, pengolahan sinyal, identifikasi sistem, formula, simulasi dan lain sebagainya. Pada penelitian ini *software* LabVIEW yang digunakan adalah versi 2013.



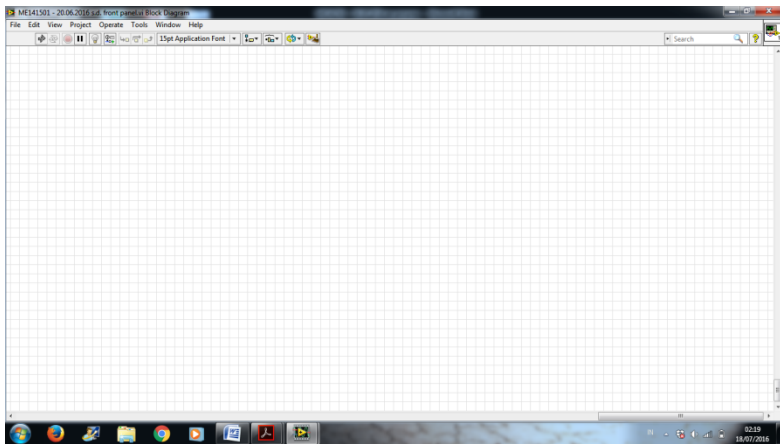
Gambar 4.1. Tampilan awal *software* LabVIEW

Pemodelan *power management system* pada pengerjaan tugas akhir ini menggunakan *software* LabVIEW agar simulasi lebih mudah dipahami dan dioperasikan.



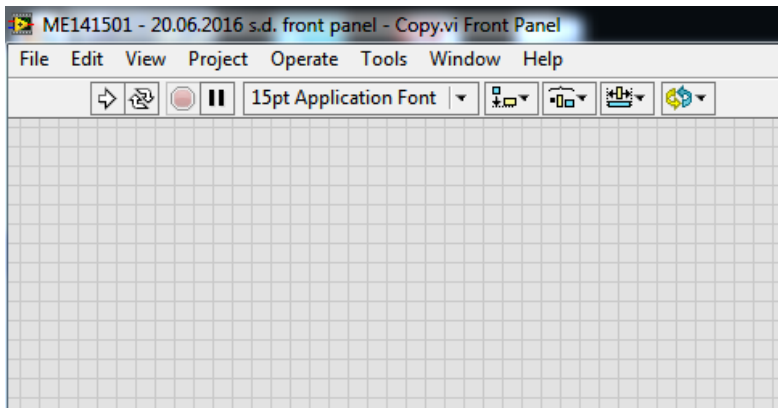
Gambar 4.2. *Front panel* pada *software* LabVIEW

Front panel pada *software* LabVIEW, Gambar 4.2. akan menunjukkan beberapa panel hasil perancangan melalui *block diagram*. Panel yang telah dibuat, dioperasikan sebagai bentuk simulasi dari sistem yang telah dirancang. Front panel diibaratkan sebagai area kontrol sistem untuk *controlling* dan *monitoring*.



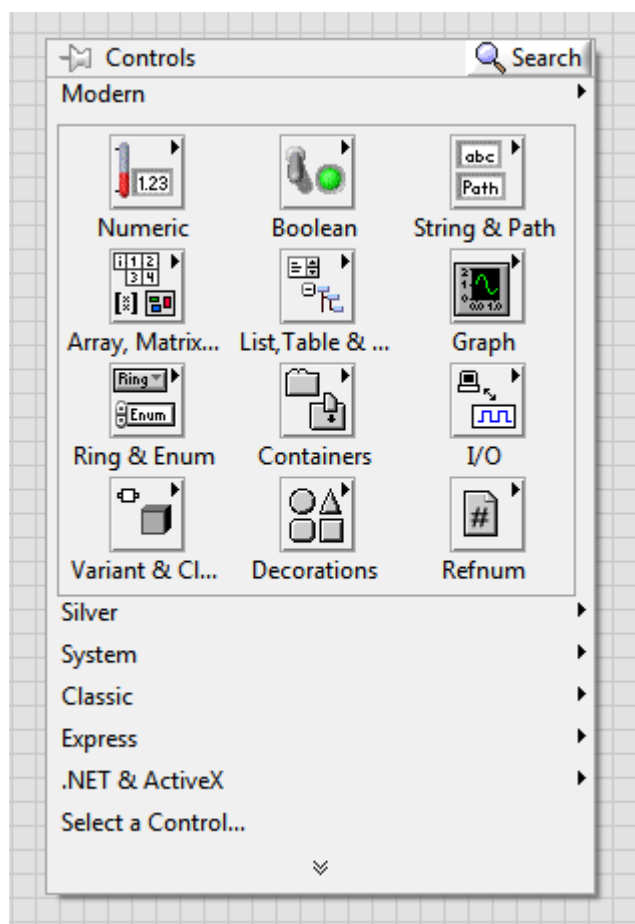
Gambar 4.3. *Block diagram* pada *software* LabVIEW

Block diagram pada *software* LabVIEW, Gambar 4.3., berfungsi untuk merancang logika pemodelan atau simulasi sistem yang direncanakan. Tujuan dari pembuatan block diagram adalah untuk mempermudah pembacaan atau perancangan sistem sehingga mudah dipahami.

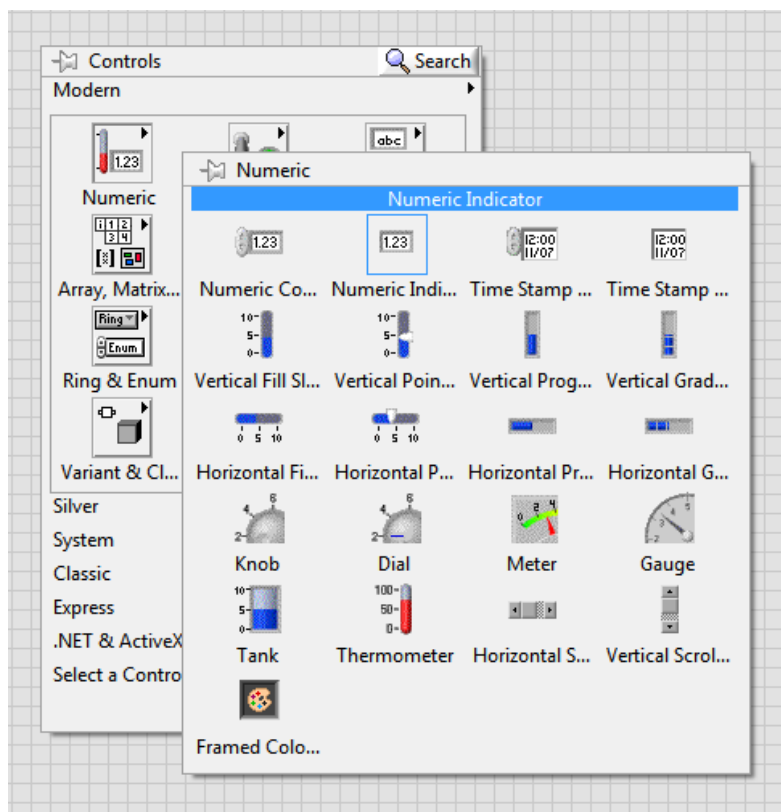


Gambar 4.4. Menu utama pada software LabVIEW

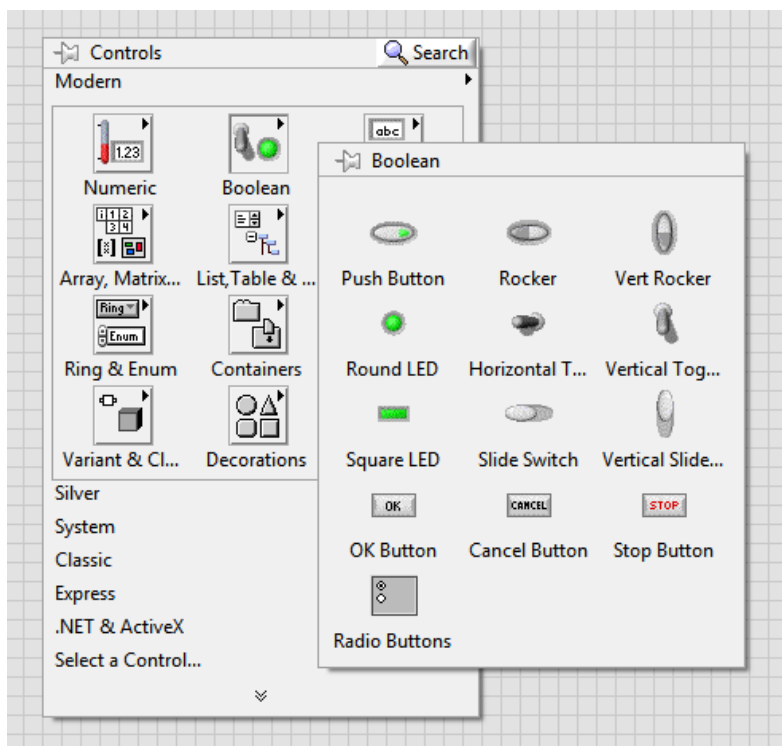
Melalui menu utama dapat dilihat beberapa command yang digunakan untuk merancang *power management system*.



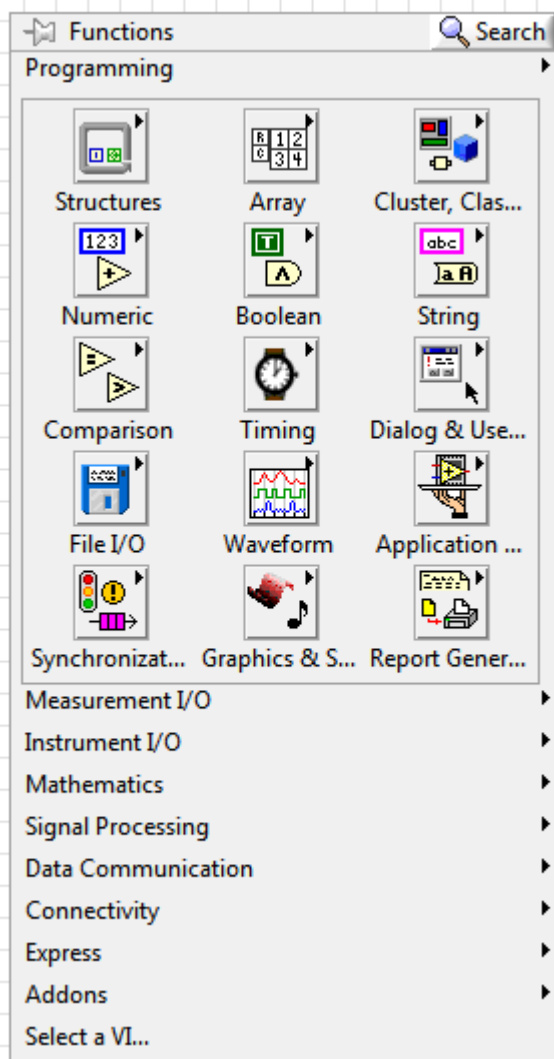
Gambar 4.5. Beberapa fungsi pada *front panel*



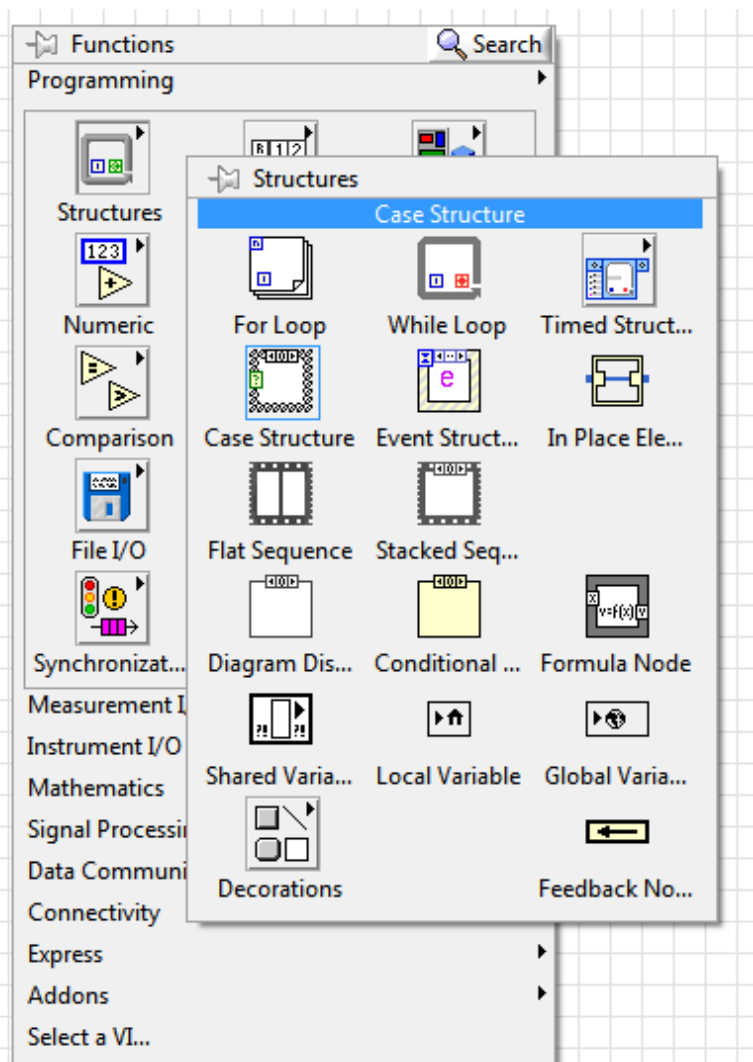
Gambar 4.6. Fungsi *numeric* pada *front panel*



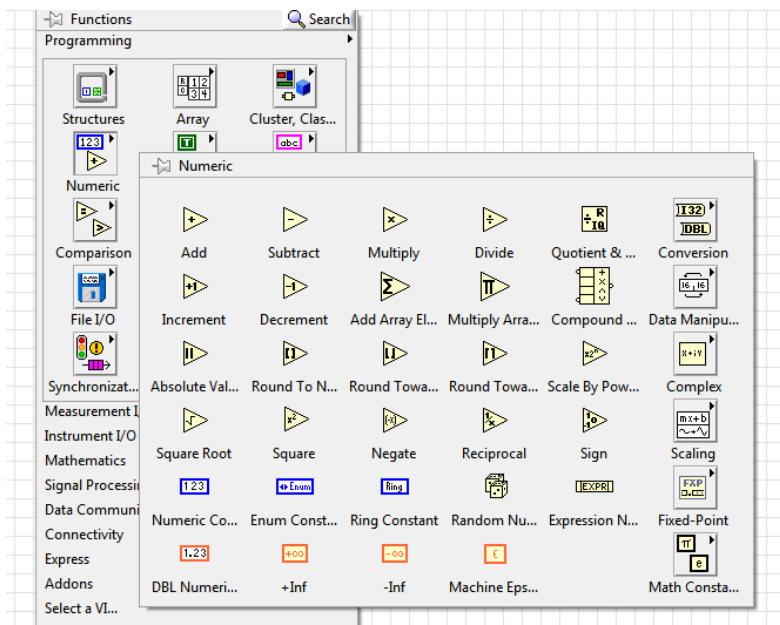
Gambar 4.7. Fungsi *boolean* pada *front panel*



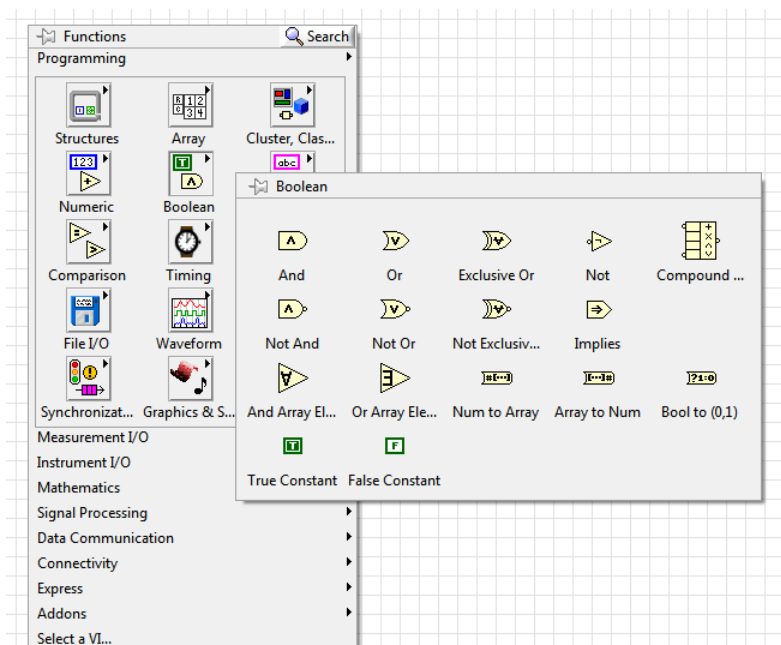
Gambar 4.8. Beberapa fungsi pada *block diagram*



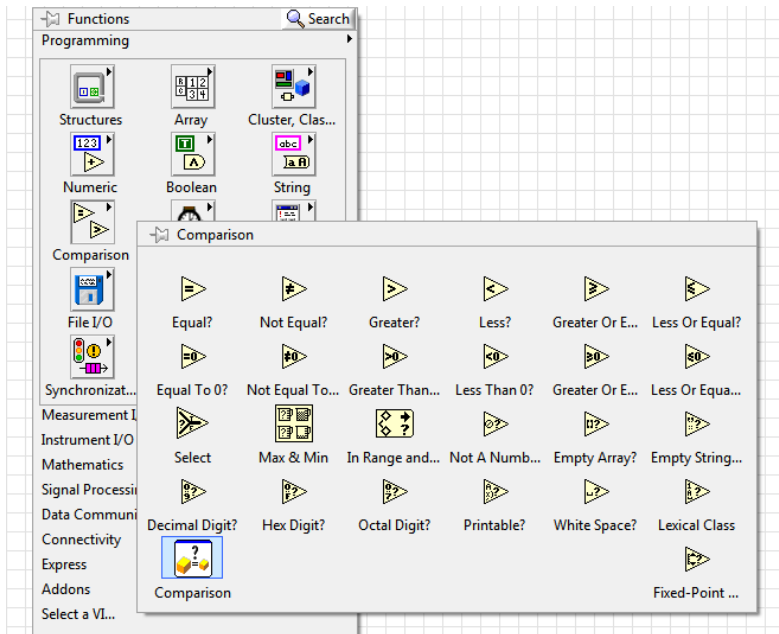
Gambar 4.9. Fungsi *structures* pada *block diagram*



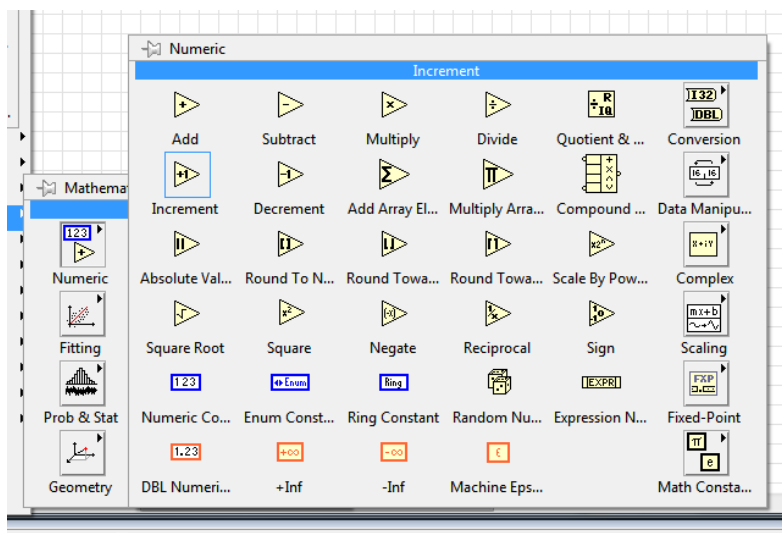
Gambar 4.10. Fungsi *numeric* pada *block diagram*



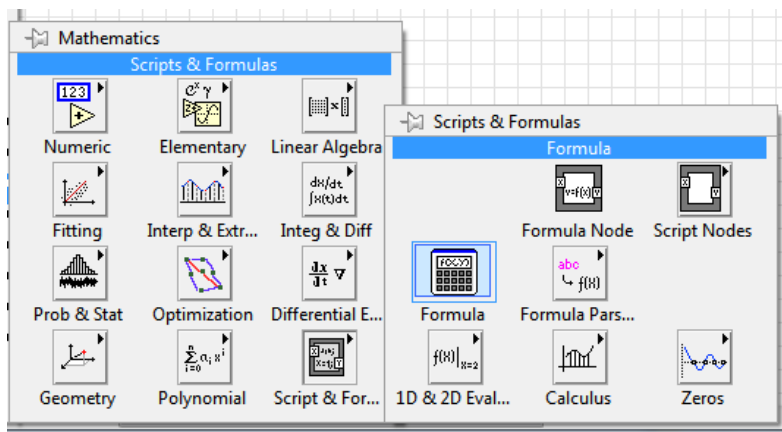
Gambar 4.11. Fungsi *boolean* pada *block diagram*



Gambar 4.12. Fungsi *comparison* pada *block diagram*



Gambar 4.13. Fungsi *numeric* pada *block diagram*

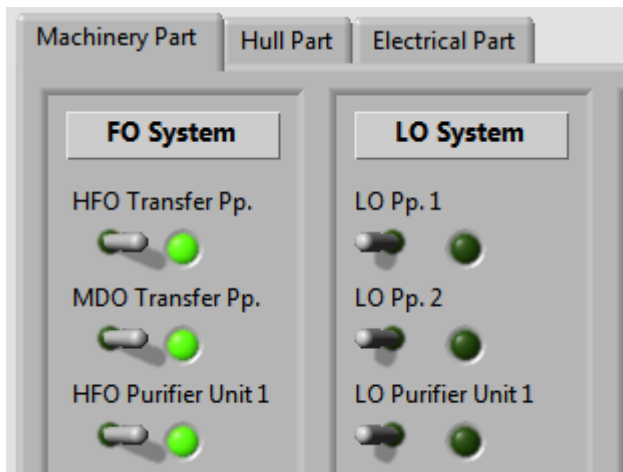


Gambar 4.14. Fungsi *scripts & formulas* pada *block diagram*

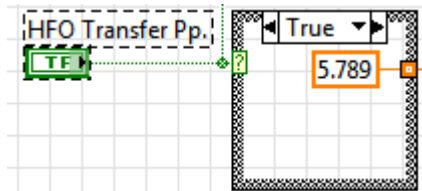
Pada Gambar 4.1. s/d Gambar 4.14 telah ditunjukkan menu dan beberapa fungsi yang akan digunakan dalam

pemodelan sistem. Selanjutnya fungsi-fungsi tersebut akan diolah sesuai dengan data yang ada. Pemodelan *power management system* didasarkan pada beban terpasang, generator yang digunakan oleh kapal, kondisi operasi kapal, dan beberapa skenario yang sudah ditentukan untuk mensimulasikan sistem.

Pemodelan *power management system* diawali dengan mengilustrasikan beban menggunakan fungsi *boolean* sebagai *toggle switch* dan lampu indikator. Banyaknya beban dibagi berdasarkan *machinery part*, *hull part*, dan *electrical part*. Ilustrasi beban pada *front panel* dan *block diagram* ditunjukkan pada Gambar 4.15. dan Gambar 4.16.



Gambar 4.15. Fungsi *boolean* (beban) pada *front panel*



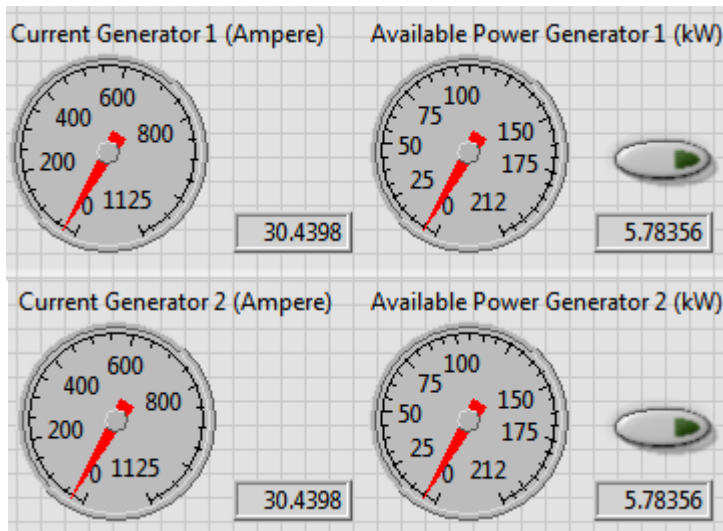
Gambar 4.16. Fungsi *boolean* (beban) pada *block diagram*

Beban terpasang yang telah dimodelkan, disusun sedemikian rupa sehingga akan tampak seluruhnya menjadi suatu panel yang dapat dilihat pada *front panel*. Beban terpasang direncanakan beroperasi sesuai dengan kondisi operasi kapal sehingga pada *front panel* harus diberi tambahan indikator untuk mensimulasikan kondisi operasi kapal *sailing*, *manoeuvring*, *cargo handling*, dan *at port* dengan nilai beban yang berbeda pada masing-masing kondisi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.17.

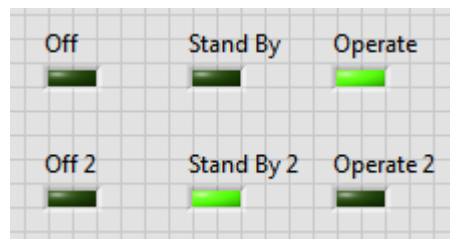


Gambar 4.17. Kondisi operasi kapal pada *front panel*

Seluruh beban terpasang akan dihubungkan dengan generator-generator yang telah tersedia berdasarkan perhitungan kebutuhan generator. Sehingga pada saat generator dinyalakan baik kondisi beroperasi sendiri atau paralel maka beban akan dapat menyala yang ditunjukkan dengan indikator lampu. Adapun mode pada generator dapat dilihat pada front panel berupa indikator lampu *off*, *stand by*, dan *operate*. Ilustrasi generator beserta indikator dan mode operasinya ditunjukkan pada Gambar 4.18. dan 4.19.



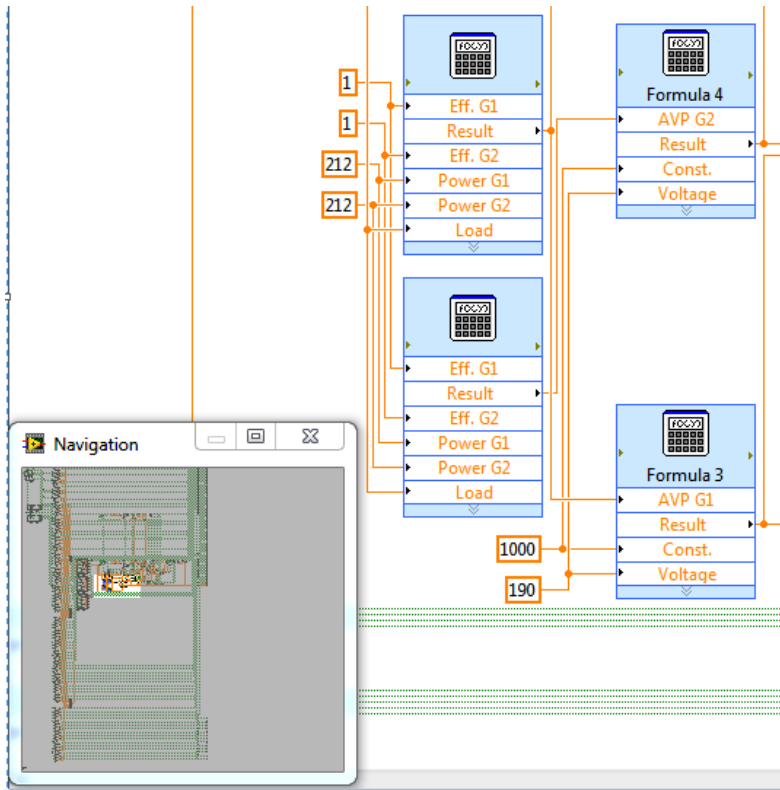
Gambar 4.18. Indikator pada generator



Gambar 4.19. Indikator mode operasi generator

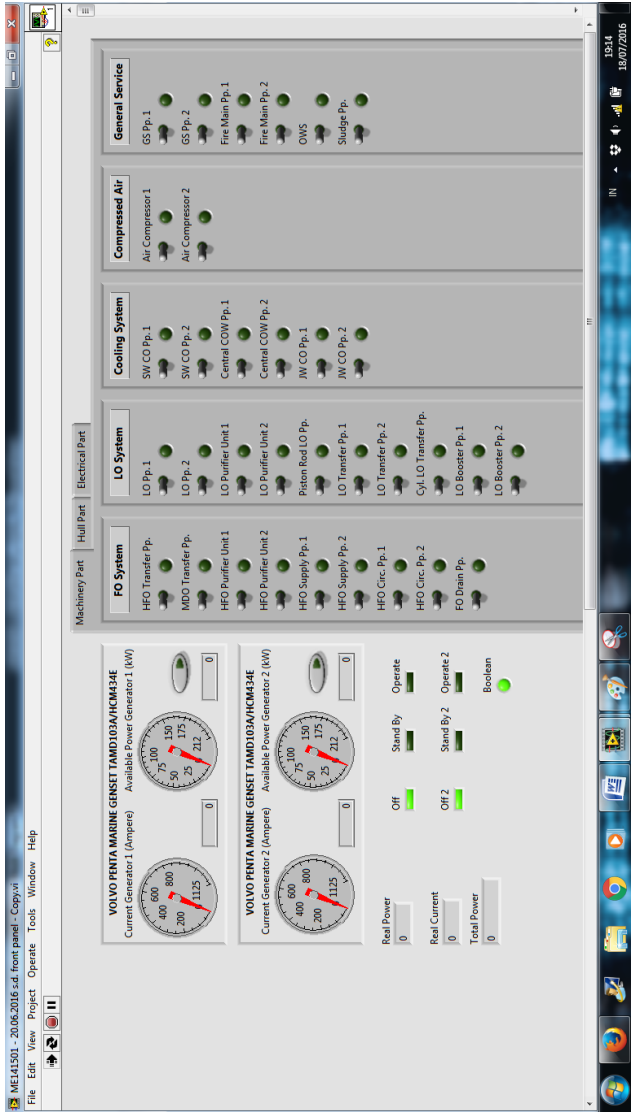
Indikator mode operasi generator diperlukan untuk menunjukkan apakah generator tersebut siap untuk digunakan atau tidak, mengingat generator tidak dapat beroperasi seketika dikarenakan kebutuhan *starting prime mover*. Setelah kondisi *stand by* dan beban dinyalakan maka indikator generator akan menunjukkan *operate*. Adapun *block diagram* yang digunakan dalam memodelkan arus dan

total load pada generator menggunakan fungsi formula seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.20.

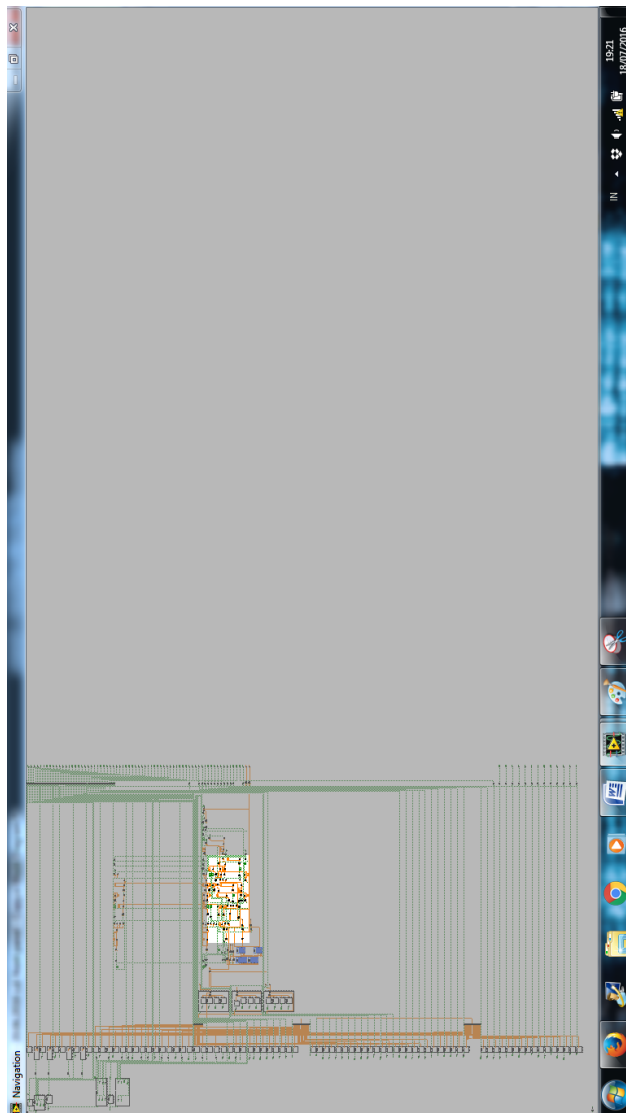


Gambar 4.20. Indikator arus dan total load pada generator

Setelah *front panel power management system* tersusun, maka skenario pembebanan terhadap generator dapat dilakukan dan *power management system* dapat dijalankan sebagai fungsi *controlling* dan *monitoring*. *Front panel power management system* dan *block diagram* pemodelan ditunjukkan pada Gambar 4.21. dan Gambar 4.22.



Gambar 4.21. Front panel power management system



Gambar 4.22. *Block diagram power management system*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melalui proses analisis, perhitungan, pemodelan, dan simulasi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengelompokan peralatan kelistrikan berdasarkan daya keluaran generator dilakukan dengan menentukan peralatan yang *essential* dan *non essential* pada masing-masing kondisi operasi kapal tanker. Kelompok peralatan yang *essential*: peralatan penunjang *engine service*, peralatan ventilasi – AC, peralatan penerangan, dan peralatan navigasi & komunikasi, dimana selain itu adalah peralatan *non essential* yang pada kondisi *emergency* harus dapat *cut off* sewaktu-waktu untuk menjaga kontinuitas operasi kapal tanker utamanya pada saat proses *cargo handling*. Pengelompokan ini berpengaruh pada kinerja generator dimana generator akan menanggung beban puncak sebesar 306.67 kW dengan kondisi seluruh peralatan kelistrikan beroperasi untuk memenuhi kebutuhan bongkar muat kapal tanker. Sedangkan pada kondisi *emergency* dan *cut off non essential load* melalui PMS telah dilakukan, generator hanya akan menanggung beban sebesar 253.88 kW untuk kebutuhan yang sama. Pada kasus paling ekstrim (total efisiensi operasi paralel sebesar 70%) generator masih dapat menanggung beban sebesar 306.6 kW dengan *spare* daya sebesar 52.72 kW.
2. Pengembangan simulasi PMS yang diterapkan pada penelitian kali ini dibandingkan dengan simulasi serupa pada penelitian sebelumnya yaitu berupa *human machine interface* yang lebih *user friendly*, penggunaan *switch* & indikator-indikator penting untuk beban

terpasang maupun generator yang lebih lengkap dapat memudahkan operator dalam pengambilan tindakan berdasarkan skenario kerja yang ditentukan.

3. Dalam penelitian ini skenario kerja yang ditentukan berupa penambahan dan/ pengurangan beban yang beroperasi dan penurunan efisiensi operasi paralel generator. Tindakan yang perlu dilakukan ketika terjadi penambahan dan/ pengurangan beban maka crew harus melihat indikator beban total yang bekerja. Hal ini diperlukan untuk mengoptimalkan kerja generator, seperti: apakah generator perlu diparalelkan atau tidak, ataukah beban *non essential* yang perlu *cut off* sehingga generator akan bekerja sesuai *load factor* yang disarankan. Selain itu, ketika terjadi penurunan efisiensi operasi generator yang dapat dimonitor melalui PMS maka crew harus melakukan *cut off* beban *non essential* dan/ melakukan perawatan terhadap generator untuk memperpanjang masa pakai sebelum generator beroperasi pada batas bawah dalam rangka pencegahan *black out* saat *cargo handling* kapal tanker atau saat beban puncak.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir ini, diajukan beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Simulasi lebih lanjut terkait dengan operasi paralel generator dapat dilakukan dalam rangka realisasi PMS.
2. Simulasi PMS dapat diujicobakan pada tipe kapal dan sistem yang lain sebagai bahan evaluasi dan pengembangan dari simulasi yang sudah pernah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Buell, Charles, July. 2011. My electrical panel has no main breaker – is that a problem?, <URL: <http://activerain.com/blogsvieview/2371182/my-electrical-panel-has-no-main-breaker---is-that-a-problem->>.
- Froze, Jab, May. 2014. Main Switch Board (MSB) Safeties, Protection and Maintenance, <URL: <http://marineengineeringonline.com/main-switch-board-msb-safeties-protection-and-maintenance/>>.
- Kaushik, Mohit, July. 2013. What are the Main Safety Devices for Main Switch Board on Ship?, <URL: <http://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-are-the-main-safety-devices-for-main-switch-board-on-ship/>>.
- Ma'arif, Firmansyah Putra Agung. 2011. Simulasi Paralel Generator Secara Otomatis pada Kapal STAR-50 BSBC 50,000 DWT dengan Menggunakan Pendekatan Software LabVIEW 8.5. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Markert, Matthias. 2013. Power Management Systems. Lecture Notes on Ship Automation. Hochschule Wismar. Germany
- Marshel S., Dyonisius. 2014. Perancangan Power Management System pada Kapal Penumpang. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Putra, Arya Kemal Pratama. 2012. Kajian Teknis Perencanaan Solar Cell untuk Wahana Bawah Laut Berpenggerak Motor Listrik Bertenaga Baterai. *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Radan, Damir. 2008. Integrated Control of Marine Electrical Power Systems. *Thesis for The Degree of Philosophiae Doctor*. Norwegian University of Science and Technology. Norway

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Cummins Power Generation

C220 D5

Diesel Generator Set



> Specification sheet

C220 D5

50Hz

Our energy working for you.™



**Power
Generation**

Made by Cummins Power Generation

Cummins Power Generation commercial diesel generator sets integrate the universal design, production and testing standard of Cummins, providing fully reliable and integrated power generation systems with optimum performance for applications in standby power, prime power and continuous operation.

In accordance with the standard of ISO8528-2005 and GB/T2820-2009 AC Generator Sets Driven by Reciprocating Internal Combustion Engine.

Certified to ISO9001 and ISO9002 for generator set design and manufacture.

Cummins provides full quality assurance and is responsible for the warranty of generator sets including engine, alternator and control system.

National specialized service network ensures 24 hours after-sale service and the supply of parts and accessories.

Standard Features of Generator Set

Engine: Cummins 6C series engine.

Type: Four-stroke, water cooled, turbocharged and air-to-air aftercooled.

Structure: Cast steel crankshaft, connecting rod, cast iron cylinder block.

Cooling system: Built-in water circulating pump and thermostat improves working efficiency of engine.

Filter: Cummins Fleetguard series high-precision filter.

Alternator: Stamford UC series alternator.

Type: Revolving magnetic field, single bearing, 4 pole, brushless, drip proof structure, in accordance with GB755, BS5000, and IEC34-1.

Stator: Taper slot structure, 2/3 pitch windings, effectively suppressing waveform distortion of third harmonic current and output voltage under non-linear load.

Rotor: Flexible driving disc connected to engine directly, perfect damper winding reduces parallel oscillation.

Cooling system: Directly drive centrifugal blower fan.

Control System: PowerCommand® control system based on microprocessor.

Short-Circuit Protection: Schneider breaker, AmpSentry™ patent protection, PowerCommand® controller.

Base Frame: Bolted steel base frame with A/V mounting, complex seismic structure and bottom oil tank.

Radiator: Standard genset mounted radiator.

Standard Accessories: Exhaust elbow, exhaust bellows, exhaust silencer, etc.

Genset model	Standby Power		Prime Power		Engine	Alternator	Control System
	kVA	kW	kVA	kW			
C220 D5	220	176	200	160	6CTAA8.3-G2	UC1274H	PC1.1

230/400VAC, 50Hz, 0.8PF (lagging) 3phase

Our energy working for you.™

www.cumminspower.com

© 2012 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved. "Cummins Power Generation" and "Cummins" are registered trademarks of Cummins.

"PowerCommand" is the registered trademark of Cummins Power Generation. "Our energy working for you.™" is the trademark of Cummins Power Generation. Specifications are subject to change without notice.

EA_S_CC_09 V3(2014/01)



Generator Set Specifications

	Standby	Prime
Voltage regulation (no load to full load)	$\pm 1\%$	
Steady-state voltage variation	$\pm 1\%$	
Frequency regulation (no load to full load)	Isochronous	
Steady-state frequency variation	$\pm 0.25\%$	
EMC compatibility	BS EN 61000-6-4 / BS EN 61000-6-2	
Fuel consumption, g/kw·h(L/hr)@100% load	209(51)	205(45)
Battery starting capacity, A/hr	120*2	
Total coolant capacity (with engine and water tank), L	42	
Bottom oil tank capacity, L	400	

Engine Specifications

Model	6CTAA8.3-G2
Configuration	Cast iron, in-line, 6-cylinder
Displacement, L	8.3
Compression ratio	18.0:1
Aspiration	Turbocharged and air-to-air aftercooled.
Fuel system	Direct injection
Bore* stroke, mm	114*135
Rated speed, rpm	1500
Governor type	Electronic
Starting voltage	24V, negative ground
Battery charging alternator	24V,40A
Cold starting current, CCA	475 (-12°C)
Lube oil capacity, L	24
Combustion air (standby), m ³ /s	0.19
Coolant capacity, L	12
Maximum fuel flow, L/hr	30
Maximum fuel inlet resistance, mmHg	20.3

Generator Specifications

Protection class	IP23
Insulation system	Class H
Standard temperature rise	Standby, 150°C (at 40°C ambient temperature)
Exciting type	Self-exciting
AC waveform total harmonic distortion	<1.5% no load, <5% 3-phase balanced linear load
Telephone influence factor (TIF)	<50 (per NEMA MG1-22.43)
Telephone harmonic factor (THF)	<2%

Exhaust Specifications

	Standby	Prime
Exhaust gas flow at rated load, L/S	547	480
Exhaust gas temperature, °C	580	510
Maximum exhaust backpressure, kPa	10	

Cooling System Specifications

Radiator ambient design, °C	50
Minimum air inlet(outlet) area, m ²	1.39 (1.1)
Radiator tank capacity, L	30
Radiator cooling air flow(standby), m ³ /s	5.6
Total heat rejection, kW	26.8
Maximum cooling air flow static resistance, Pa	124.5

Our energy working for you.™

www.cumminspower.com

© 2012 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved. "Cummins Power Generation" and "Cummins" are registered trademarks of Cummins.

"PowerCommand" is the registered trademark of Cummins Power Generation. "Our energy working for you.™" is the trademark of Cummins Power Generation. Specifications are subject to change without notice.
EA_S_CC_09 V3(2014/01)



The PowerCommand® 1.1

- Generator Set Control

- The PowerCommand® 1.1 control is a microprocessor based generator set monitoring control system. The control provides a simple operator interface to the generator set, digital voltage regulation, digital engine speed governing, start / stop control, and protective functions.
- The PowerCommand® 1.1 generator set control is suitable for use on a wide range of generator sets in non-parallel applications.
- The PowerCommand® Control can be configured for any frequency, voltage and power configuration from 120 to 600 VAC for 50 Hz or 60 Hz operation.
- Power for the control is derived from the generator set starting batteries. The control functions over a voltage range from 8 VDC to 35 VDC.

Major Features

- **12 or 24 VDC Battery Operation**
- **Digital Voltage Regulation full wave rectified single phase (line to line) sensing.**
- **Engine Starting includes relay drivers for start, fuel shut off (FSO), and glow plug.**
- **Configurable Inputs and Outputs.** Two discrete inputs and two dry contact relay outputs.
- **Generator Set Monitoring:** Displays status of all critical engine & alternator generator set functions.
- **Smart Starting Control System:** Integrated fuel ramping to limit black smoke & frequency overshoot.
- **Advanced Serviceability using INPOWER.**

Control System

Includes all functions to locally or remotely start and stop, and protect the generator set.

Control Switch - RUN/OFF/AUTO

- **OFF Mode** - the generator set is shut down & cannot be started; as well as resets faults.
- **RUN mode** - the generator set will execute its start sequence.
- **AUTO mode** - the generator set can be started with a start signal from a remote device.

Status Indications

The control has a lamp driver for external fault/status indication. Functions include:

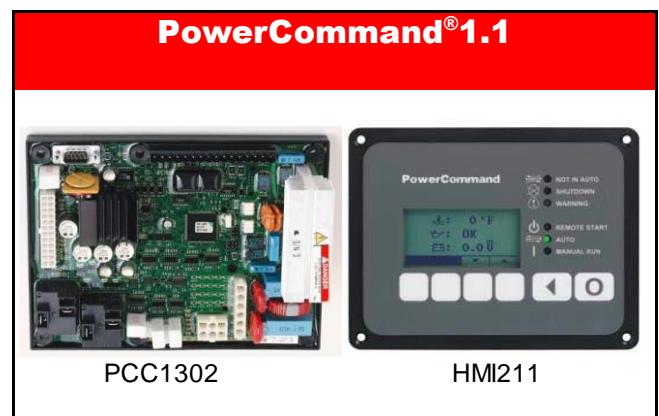
- The lamp flashes during preheat (when used) and while the generator set is starting.
- **READY TO LOAD** - flashing until the set is at rated voltage and frequency, then on continuously.
- Fault conditions are displayed by flashing a two-digit fault code number.

LED Indicating Lamps - includes LED indicating lamps for the following functions;

- Not in Auto
- Remote Start
- Warning
- Shutdown
- Auto
- Run
- Remote Emergency Stop Switch Input. Immediate shut down of the generator set on operation.

Base Engine Protection -

- Low Oil Pressure Shutdown
- High Engine Temperature Shutdown
- Underspeed/Sensor Fail Shutdown
- Fail to Start
- Battery Charging Alternator Fail Warning



Our energy working for you.™

www.cumminspower.com

© 2012 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved. "Cummins Power Generation" and "Cummins" are registered trademarks of Cummins.

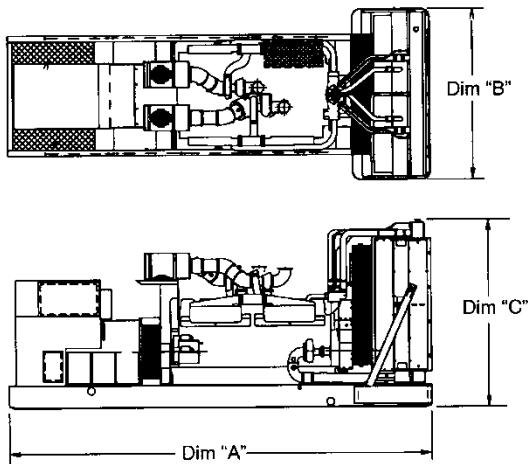
"PowerCommand" is the registered trademark of Cummins Power Generation. "Our energy working for you.™" is the trademark of Cummins Power Generation. Specifications are subject to change without notice.
EA_S_CC_09 V3(2014/01)



Standard Generator Set

Model	Dim "A" (mm)	Dim "B" (mm)	Dim "C" (mm)	Weight* Dry Weight(kg)
C220 D5	2686	1300	1814	1962

Standard Outline Drawings of Generator Set



The outlines are for illustrative purposes only, not used for installation design.

Please refer to genset outline drawing for exact representation of this model for installation design.

Ratings Definitions:

Emergency Standby Power (ESP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for the duration of power interruption of a reliable utility source. Emergency Standby Power (ESP) is in accordance with GB.T2820/ISO 8528. The effective oil limited power is in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Limited-time Running Power (LTP):

Applicable for supplying power to a constant electrical load for limited hours. Limited-time Running Power (LTP) is in accordance with GB.T2820/ISO 8528.

Prime Power (PRP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for unlimited hours. Prime Power (PRP) is in accordance with GB.T2820/ISO 8528. A 10% overload capability is available in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Base Load (Continuous) Power (COP):

Applicable for supplying power continuously to a constant electrical load for unlimited hours. Continuous Power (COP) is in accordance with GB.T2820/ISO 8528, ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

East Asia, Cummins Power Generation

NO.2, Rongchang East Street, Beijing Economic -Technological Development Area, Beijing, P.R.China.

Post code: 100176

Tel: 86 (10) 5902 3000

Fax: 86 (10) 5902 3199

Email: EastAsia.CumminsPower@cummins.com

Cumminshotline (China): 400-810-5252

Our energy working for you.™

www.cumminspower.com

© 2012 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved. "Cummins Power Generation" and "Cummins" are registered trademarks of Cummins.

"PowerCommand" is the registered trademark of Cummins Power Generation. "Our energy working for you.™" is the trademark of Cummins Power Generation. Specifications are subject to change without notice.

EA_S_CC_09 V3(2014/01)



Lampiran 2.1.1 Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Mach. Part (Berlayar dan Manoeuvring)

Peralatan	Total	Power (kW)			Berlayar				Manoeuvring			
		Spec.	Eff.	Real	Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
							CL	IL			CL	IL
MACHINERY PART												
A. ENGINE SERVICE												
1. HFO - MDO Transfer Pp.	2	2.20	0.95	2.32	1	0.80	1.85	-	1	0.80	1.85	-
2. Separator + Feed Pp.	2	12.00	0.95	12.63	1	0.80	10.11	-	1	0.65	8.21	-
3. Fuel Feed Pp.	2	2.31	0.95	2.43	1	0.80	1.95	-	1	0.80	1.95	-
4. HFO Circulating Pp.	2	9.10	0.95	9.58	1	1.00	9.58	-	1	1.00	9.58	-
5. MDO Circulating Pp.	1	7.50	0.95	7.89	1	0.80	6.32	-	1	0.80	6.32	-
6. Th. Oil Boiler Circ. Pp.	1	11.20	0.95	11.79	1	0.80	9.43	-	1	0.80	9.43	-
7. LO Transfer Pp.	2	2.20	0.95	2.32	1	1.00	2.32	-	1	1.00	2.32	-
8. LO Separator	2	5.50	0.95	5.79	1	1.00	5.79	-	1	1.00	5.79	-
9. LO Separator Feed Pp.	2	0.75	0.95	0.79	1	1.00	0.79	-	1	1.00	0.79	-
10. Separator Preheater	2	12.00	0.95	12.63	1	1.00	12.63	-	1	1.00	12.63	-
11. LO Pp. (Stand by)	1	2.70	0.95	2.84	1	1.00	2.84	-	1	1.00	2.84	-
12. Pre LO Pp.	1	11.00	0.95	11.58	1	0.65	-	7.53	1	0.65	-	7.526
13. Air Compressor	2	1.70	0.95	1.79	1	0.85	-	1.52	1	0.85	-	1.521
14. SW Cooling Pp.	2	15.00	0.95	15.79	1	1.00	15.79	-	1	1.00	15.79	-
15. Stand by Circ. Pp. HT	1	18.50	0.95	19.47	1	1.00	19.47	-	1	1.00	19.47	-
16. Stand by Circ. Pp. LT	1	8.50	0.95	8.95	1	1.00	8.95	-	1	1.00	8.95	-
17. Circ. Pp. for Preheater	1	5.50	0.95	5.79	1	1.00	5.79	-	1	1.00	5.79	-
18. Circ. Pp. for Evaporator	1	2.20	0.95	2.32	1	1.00	2.32	-	1	1.00	2.32	-
19. Drain Tank Pp.	1	2.20	0.95	2.32	1	1.00	2.32	-	1	1.00	2.32	-

Peralatan	Total	Power (kW)			Berlayar				Manoeuvring			
					Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real			CL	IL			CL	IL
B. GENERAL SERVICE												
1. Bilge Pp.	1	7.50	0.95	7.89	1	0.85	-	6.71	1	0.85	-	6.71
2. Oily Water Pp.	1	2.00	0.95	2.11	1	0.85	1.79	-	1	0.85	1.79	-
3. Oily Water Separator	1	2.50	0.95	2.63	1	0.85	2.24	-	1	0.85	2.24	-
4. Fire Pp.	1	30.00	0.95	31.58	1	0.60	-	18.95	1	0.60	-	18.95
5. Ballast Pp.	1	5.00	0.95	5.26	-	-	-	-	-	-	-	-
6. Ballast - Bilge Pp.	1	5.00	0.95	5.26	1	0.60	-	3.16	1	0.20	-	1.05
7. Hydrophore FW	1	2.20	0.95	2.32	1	0.85	1.97	-	1	0.85	1.97	-
8. Hydrophore SW	1	2.20	0.95	2.32	1	0.85	1.97	-	1	0.85	1.97	-
9. Sewage Treatment Plant	1	1.50	0.95	1.58	1	0.85	1.34	-	1	0.85	1.34	-
Subtotal Machinery Part	Continuous Load						127.5				125.6	
	Intermittent Load							37.86				35.76

Keterangan:

- Essential Equipment
- Non Essential Equipment

Lampiran 2.1.2 Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Mach. Part (Bongkar Muat dan Berlabuh)

Peralatan	Total	Power (kW)			Bongkar Muat				Berlabuh			
					Work	LF	Power (kW)		Work	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real	Total		CL	IL	Total		CL	IL
MACHINERY PART												
A. ENGINE SERVICE												
1. HFO - MDO Transfer Pp.	2	2.20	0.95	2.32	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Separator + Feed Pp.	2	12.00	0.95	12.63	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Fuel Feed Pp.	2	2.31	0.95	2.43	1	0.80	1.95	-	1	0.80	1.95	-
4. HFO Circulating Pp.	2	9.10	0.95	9.58	1	1.00	9.58	-	1	1.00	9.58	-
5. MDO Circulating Pp.	1	7.50	0.95	7.89	1	0.80	6.32	-	1	0.80	6.32	-
6. Th. Oil Boiler Circ. Pp.	1	11.20	0.95	11.79	1	0.80	9.43	-	1	0.80	9.43	-
7. LO Transfer Pp.	2	2.20	0.95	2.32	-	-	-	-	-	-	-	-
8. LO Separator	2	5.50	0.95	5.79	-	-	-	-	-	-	-	-
9. LO Separator Feed Pp.	2	0.75	0.95	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-
10. Separator Preheater	2	12.00	0.95	12.63	-	-	-	-	-	-	-	-
11. LO Pp. (Stand by)	1	2.70	0.95	2.84	-	-	-	-	-	-	-	-
12. Pre LO Pp.	1	11.00	0.95	11.58	-	-	-	-	-	-	-	-
13. Air Compressor	2	1.70	0.95	1.79	1	0.65	-	1.16	1	0.65	-	1.16
14. SW Cooling Pp.	2	15.00	0.95	15.79	-	-	-	-	-	-	-	-
15. Stand by Circ. Pp. HT	1	18.50	0.95	19.47	-	-	-	-	-	-	-	-
16. Stand by Circ. Pp. LT	1	8.50	0.95	8.95	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Circ. Pp. for Preheater	1	5.50	0.95	5.79	-	-	-	-	-	-	-	-
18. Circ. Pp. for Evaporator	1	2.20	0.95	2.32	-	-	-	-	-	-	-	-
19. Drain Tank Pp.	1	2.20	0.95	2.32	-	-	-	-	-	-	-	-

Peralatan	Total	Power (kW)			Bongkar Muat				Berlabuh			
					Work	LF	Power (kW)		Work	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real	Total		CL	IL	Total		CL	IL
B. GENERAL SERVICE												
1. Bilge Pp.	1	7.50	0.95	7.89	1	0.85	-	6.71	1	0.85	-	6.71
2. Oily Water Pp.	1	2.00	0.95	2.11	1	0.85	1.79	-	1	0.85	1.79	-
3. Oily Water Separator	1	2.50	0.95	2.63	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Fire Pp.	1	30.00	0.95	31.58	1	0.60	-	18.95	1	0.60	-	18.95
5. Ballast Pp.	1	5.00	0.95	5.26	1	0.85	4.47	-	1	0.85	4.47	-
6. Ballast - Bilge Pp.	1	5.00	0.95	5.26	1	0.20	-	1.05	1	0.20	-	1.05
7. Hydrophore FW	1	2.20	0.95	2.32	1	0.85	1.97	-	1	0.85	1.97	-
8. Hydrophore SW	1	2.20	0.95	2.32	1	0.85	1.97	-	1	0.85	1.97	-
9. Sewage Treatment Plant	1	1.50	0.95	1.58	1	0.85	1.34	-	1	0.85	1.34	-
Subtotal Machinery Part	Continuous Load						38.8				38.8	
	Intermittent Load							27.87				27.87

Keterangan:

	Essential Equipment
	Non Essential Equipment

Lampiran 2.1.3. Spesifikasi Peralatan Kelistrikan Machinery Part

Peralatan	Power		Volt	Phase	Frequency
	kW	HP			Hz
MACHINERY PART					
A. ENGINE SERVICE					
1. HFO - MDO Transfer Pp.	2.20	2.95	380	3	50
2. Separator + Feed Pp.	12.00	16.09	380	3	50
3. Fuel Feed Pp.	2.31	3.10	380	3	50
4. HFO Circulating Pp.	9.10	12.20	380	3	50
5. MDO Circulating Pp.	7.50	10.05	380	3	50
6. Th. Oil Boiler Circ. Pp.	11.20	15.01	380	3	50
7. LO Transfer Pp.	2.20	2.95	380	3	50
8. LO Separator	5.50	7.37	380	3	50
9. LO Separator Feed Pp.	0.75	1.01	380	3	50
10. Separator Preheater	12.00	16.09	380	3	50
11. LO Pp. (Stand by)	2.70	3.62	380	3	50
12. Pre LO Pp.	11.00	14.75	380	3	50
13. Air Compressor	1.70	2.28	380	3	50
14. SW Cooling Pp.	15.00	20.11	380	3	50
15. Stand by Circ. Pp. HT	18.50	24.80	380	3	50
16. Stand by Circ. Pp. LT	8.50	11.39	380	3	50
17. Circ. Pp. for Preheater	5.50	7.37	380	3	50
18. Circ. Pp. for Evaporator	2.20	2.95	380	3	50
19. Drain Tank Pp.	2.20	2.95	380	3	50

B. GENERAL SERVICE					
1. Bilge Pp.	7.50	10.05	380	3	50
2. Oily Water Pp.	2.00	2.68	380	3	50
3. Oily Water Separator	2.50	3.35	380	3	50
4. Fire Pp.	30.00	40.21	380	3	50
5. Ballast Pp.	5.00	6.70	380	3	50
6. Ballast - Bilge Pp.	5.00	6.70	380	3	50
7. Hydrophore FW	2.20	2.95	380	3	50
8. Hydrophore SW	2.20	2.95	380	3	50
9. Sewage Treatment Plant	1.50	2.01	380	3	50

Lampiran 2.2.1 Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Hull Part (Berlayar dan Manoeuvring)

Peralatan	Total	Power (kW)			Berlayar				Manoeuvring			
					Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real			CL	IL			CL	IL
HULL PART												
1. Cargo Pp.	2	75.00	0.95	78.95	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Stripping Pp.	1	4.00	0.95	4.21	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Crane for Tanker	1	30.00	0.95	31.58	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Crane for Provision	1	6.00	0.95	6.32	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Fan for E/R	1	44.76	0.95	47.12	1	0.85	40.05	-	1	0.85	40.05	-
6. Accom. Ladder Winch	2	2.20	0.95	2.32	-	-	-	-	-	-	-	-
7. Steering Gear	1	5.50	0.95	5.79	1	1.00	5.79	-	1	0.80	4.63	-
8. Anchor Mooring Winch	2	40.00	0.95	42.11	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Capstan	2	18.00	0.95	18.95	-	-	-	-	-	-	-	-
Subtotal Hull Part	Continuous Load						45.84				44.68	
	Intermittent Load							0.00				0.00

Keterangan:

- Essential Equipment
- Non Essential Equipment

Lampiran 2.2.2. Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Hull Part (Bongkar Muat dan Berlabuh)

Peralatan	Total	Power (kW)			Bongkar Muat				Berlabuh			
					Work	LF	Power (kW)		Work	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real	Total		CL	IL	Total		CL	IL
HULL PART												
1. Cargo Pp.	2	75.00	0.95	78.95	2	1.00	157.9	-	-	-	-	-
2. Stripping Pp.	1	4.00	0.95	4.21	1	1.00	4.21	-	-	-	-	-
3. Crane for Tanker	1	30.00	0.95	31.58	1	0.80	-	25.26	1	0.80	-	25.26
4. Crane for Provision	1	6.00	0.95	6.32	1	0.80	-	5.05	1	0.80	-	5.05
5. Fan for E/R	1	44.76	0.95	47.12	1	0.85	40.05	-	1	0.85	40.05	-
6. Accom. Ladder Winch	2	2.20	0.95	2.32	1	0.60	-	1.39	1	0.60	-	1.39
7. Steering Gear	1	5.50	0.95	5.79	-	-	-	-	-	-	-	-
8. Anchor Mooring Winch	2	40.00	0.95	42.11	-	-	-	-	1	0.85	35.79	-
9. Capstan	2	18.00	0.95	18.95	-	-	-	-	1	0.85	16.11	-
Subtotal Hull Part	Continuous Load						202.2				91.94	
	Intermittent Load							31.71				31.71

Keterangan:

- Essential Equipment
- Non Essential Equipment

Lampiran 2.2.3. Spesifikasi Peralatan Kelistrikan Hull Part

Peralatan	Power		Volt	Phase	Frequency
	kW	HP			Hz
HULL PART					
1. Cargo Pp.	75.00	100.5	380	3	50
2. Stripping Pp.	4.00	5.36	380	3	50
3. Crane for Tanker	30.00	40.21	380	3	50
4. Crane for Provision	6.00	8.04	380	3	50
5. Fan for E/R	44.76	60.00	380	3	50
6. Accom. Ladder Winch	2.20	2.95	380	3	50
7. Steering Gear	5.50	7.37	380	3	50
8. Anchor Mooring Winch	40.00	53.62	380	3	50
9. Capstan	18.00	24.13	380	3	50

Lampiran 2.3.1 Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Electrical Part (Berlayar dan Manoeuvring)

Peralatan	Total	Power (kW)			Berlayar				Manoeuvring			
		Spec.	Eff.	Real	Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
							CL	IL			CL	IL
ELECTRICAL PART												
A. LIGHTING AND STOP CONTACT												
1. Main Deck	1			7.46	1	0.80	5.97	-	1	0.80	5.97	-
2. Poop Deck	1			4.31	1	0.80	3.45	-	1	0.80	3.45	-
3. Boat Deck	1			6.18	1	0.80	4.94	-	1	0.80	4.94	-
4. Bridge Deck	1			6.50	1	0.80	5.20	-	1	0.80	5.20	-
5. Navigation Deck	1			1.70	1	0.80	1.36	-	1	0.80	1.36	-
6. Platform and Engine Room	1			1.57	1	1.00	1.57	-	1	1.00	1.57	-
7. Starboard Light	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
8. Portside Light	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
9. Masthead Light	2			0.025	2	0.80	0.04	-	2	0.80	0.04	-
10. Stern White	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
11. Stern Yellow	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
12. Anchor White	1			0.025	-	-	-	-	-	-	-	-
13. All Round Red	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
14. All Round Green	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-

Peralatan	Total	Power (kW)			Berlayar				Manoeuvring			
		Spec.	Eff.	Real	Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
							CL	IL			CL	IL
B. NAVIGATION, COMMUNICATION & SAFETY												
1. MF/HF Radio	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
2. VHF Radio	1			0.125	1	1.00	0.125	-	1	1.00	0.125	-
3. Radar	1			4.80	1	1.00	4.800	-	1	1.00	4.800	-
4. NAVTEX	1			0.01	1	1.00	0.010	-	1	1.00	0.010	-
5. AIS	1			0.168	1	1.00	0.168	-	1	1.00	0.168	-
6. Horn	1			0.022	1	1.00	-	0.022	1	1.00	-	0.022
7. Magnetic Compass	1			0.184	1	1.00	0.184	-	1	1.00	0.184	-
8. ECDIS	1			0.108	1	1.00	0.108	-	1	1.00	0.108	-
9. Telephone Internal	4			0.075	1	1.00	-	0.075	1	1.00	-	0.075
10. Echo Sounder	1			0.053	1	1.00	0.053	-	1	1.00	0.053	-
11. Gyro Compass	1			0.189	1	1.00	0.189	-	1	1.00	0.189	-
12. EPIRB	2			0.005	1	1.00	0.005	-	1	1.00	0.005	-
13. Speed Log	1			0.10	1	1.00	0.100	-	1	1.00	0.100	-
14. Smoke Detector	25			0.007	25	1.00	0.180	-	25	1.00	0.180	-
15. Heat Detector	25			0.007	25	1.00	0.180	-	25	1.00	0.180	-
Subtotal Electrical Part	Continuous Load						28.79				28.79	
	Intermittent Load							0.097				0.097

Keterangan:

	Essential Equipment
	Non Essential Equipment

Lampiran 2.3.2 Nilai CL dan IL Peralatan Kelistrikan Electrical Part (Bongkar Muat dan Berlabuh)

Peralatan	Total	Power (kW)			Bongkar Muat				Berlabuh			
		Spec.	Eff.	Real	Work	LF	Power (kW)		Work	LF	Power (kW)	
					Total		CL	IL	Total		CL	IL
ELECTRICAL PART												
A. LIGHTING AND STOP CONTACT												
1. Main Deck	1			7.46	1	0.80	5.97	-	1	0.80	5.97	-
2. Poop Deck	1			4.31	1	0.80	3.45	-	1	0.80	3.45	-
3. Boat Deck	1			6.18	1	0.80	4.94	-	1	0.80	4.94	-
4. Bridge Deck	1			6.50	1	0.80	5.20	-	1	0.80	5.20	-
5. Navigation Deck	1			1.70	1	0.80	1.36	-	1	0.80	1.36	-
6. Platform and Engine Room	1			1.57	1	1.00	1.57	-	1	1.00	1.57	-
7. Starboard Light	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
8. Portside Light	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
9. Masthead Light	2			0.025	2	0.80	0.04	-	2	0.80	0.04	-
10. Stern White	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
11. Stern Yellow	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
12. Anchor White	1			0.025	-	-	-	-	-	-	-	-
13. All Round Red	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-
14. All Round Green	1			0.025	1	0.80	0.02	-	1	0.80	0.02	-

Peralatan	Total	Power (kW)			Bongkar Muat				Berlabuh			
					Work Total	LF	Power (kW)		Work Total	LF	Power (kW)	
		Spec.	Eff.	Real			CL	IL			CL	IL
B. NAVIGATION, COMMUNICATION & SAFETY												
1. MF/HF Radio	1			0.025	1	1.00	0.025	-	1	1.00	0.025	-
2. VHF Radio	1			0.125	1	1.00	0.125	-	1	1.00	0.125	-
3. Radar	1			4.80	-	-	-	-	-	-	-	-
4. NAVTEX	1			0.01	1	1.00	0.010	-	1	1.00	0.010	-
5. AIS	1			0.168	1	1.00	0.168	-	1	1.00	0.168	-
6. Horn	1			0.022	1	1.00	-	0.022	1	1.00	-	0.022
7. Magnetic Compass	1			0.184	1	1.00	0.184	-	1	1.00	0.184	-
8. ECDIS	1			0.108	1	1.00	0.108	-	1	1.00	0.108	-
9. Telephone Internal	4			0.075	1	1.00	-	0.075	1	1.00	-	0.075
10. Echo Sounder	1			0.053	1	1.00	0.053	-	1	1.00	0.053	-
11. Gyro Compass	1			0.189	1	1.00	0.189	-	1	1.00	0.189	-
12. EPIRB	2			0.005	1	1.00	0.005	-	1	1.00	0.005	-
13. Speed Log	1			0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
14. Smoke Detector	25			0.007	25	1.00	0.180	-	1	1.00	0.007	-
15. Heat Detector	25			0.007	25	1.00	0.180	-	1	1.00	0.007	-
Subtotal Electrical Part	Continuous Load						23.89				23.54	
	Intermittent Load							0.097				0.097

Keterangan:

	Essential Equipment
	Non Essential Equipment

Lampiran 2.3.3. Spesifikasi Peralatan Kelistrikan Hull Part

Peralatan	Power		Volt	Phase	Frequency
	kW	HP			Hz
HULL PART					
B. NAVIGATION, COMMUNICATION & SAFETY					
1. MF/HF Radio	0.025	0.034	380	1	50
2. VHF Radio	0.125	0.168	380	1	50
3. Radar	4.80	6.434	380	1	50
4. NAVTEX	0.01	0.013	380	1	50
5. AIS	0.168	0.225	380	1	50
6. Horn	0.022	0.029	380	1	50
7. Magnetic Compass	0.184	0.247	380	1	50
8. ECDIS	0.108	0.145	380	1	50
9. Telephone Internal	0.075	0.101	380	1	50
10. Echo Sounder	0.053	0.071	380	1	50
11. Gyro Compass	0.189	0.253	380	1	50
12. EPIRB	0.005	0.01	380	1	50
13. Speed Log	0.10	0.134	380	1	50
14. Smoke Detector	0.007	0.010	380	1	50
15. Heat Detector	0.007	0.010	380	1	50

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Palembang 21 Juni 1995, adalah putra pertama dari dua bersaudara pasangan Nanang Suharto dan RA. Maya Novalinda. Selama ini penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Islam Sabilillah Malang, SD Islam Sabilillah Malang, SMP Negeri 5 Malang, SMA Negeri 8 Malang, dan resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, sekarang Departemen Teknik Sistem Perkapalan (DTSP) FTK-ITS, dengan NRP 4212 100 060 melalui jalur SNMPTN Tertulis tahun 2012. Dalam rangka pengembangan diri di dunia kerja, penulis melaksanakan kerja praktek di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard dan PT. Wartsila Indonesia. Adapun bidang yang ditekuni penulis di DTSP adalah *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Selama menjalani kuliah di ITS, penulis berpartisipasi dalam kepengurusan himpunan mahasiswa jurusan sebagai staff Departemen Minat Bakat HIMASISKAL 2013/2014 dan wakil kepala Departemen Hubungan Luar HIMASISKAL 2014/2015 serta menjadi asisten praktikum Generator 3 Fasa dalam Mata Kuliah Listrik Perkapalan selama dua semester di Laboraturium MEAS. Selain berorganisasi, penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian yang didanai oleh DIKTI melalui Program Kreativitas Mahasiswa Karsa Cipta (PKM-KC) pada tahun 2015. Menjelang tahun 2016, penulis tergabung dalam kelompok penelitian kapal bertenaga surya *ITS Marine Solar Boat Team "Jalapatih 2"* yang ikut berlaga dalam kompetisi internasional *Dutch Solar Challenge* 2016 di Belanda.

Raynaldi Pratama

Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS

Email: raynaldipratama@yahoo.co.id; raynaldiprtm@gmail.com